

Astr. P

54. k

str. 4^o 57^k -

Haase

Die Sonnenfinsterniss.

Populär beschrieben,

nebst erläuternden Angaben für die totale Finsterniss am 18. Julius 1860

von

Carl Haase,

Königlich Hannoverschem Kriegsrathe,

Mitgliede der naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover.

Bayrische
Staatsbibliothek
München

Zwei Dinge sind es, die vor allem würdig erscheinen, die Aufmerksamkeit des menschlichen Geistes zu fesseln, und die ihn mit immer neuer Bewunderung erfüllen: „Das moralische Gesetz in uns, und der gestirnte Himmel über uns.“ Kant.

Mit 21 Holzschnitten und einem lithographischen Farbendrucke.

Hannover.

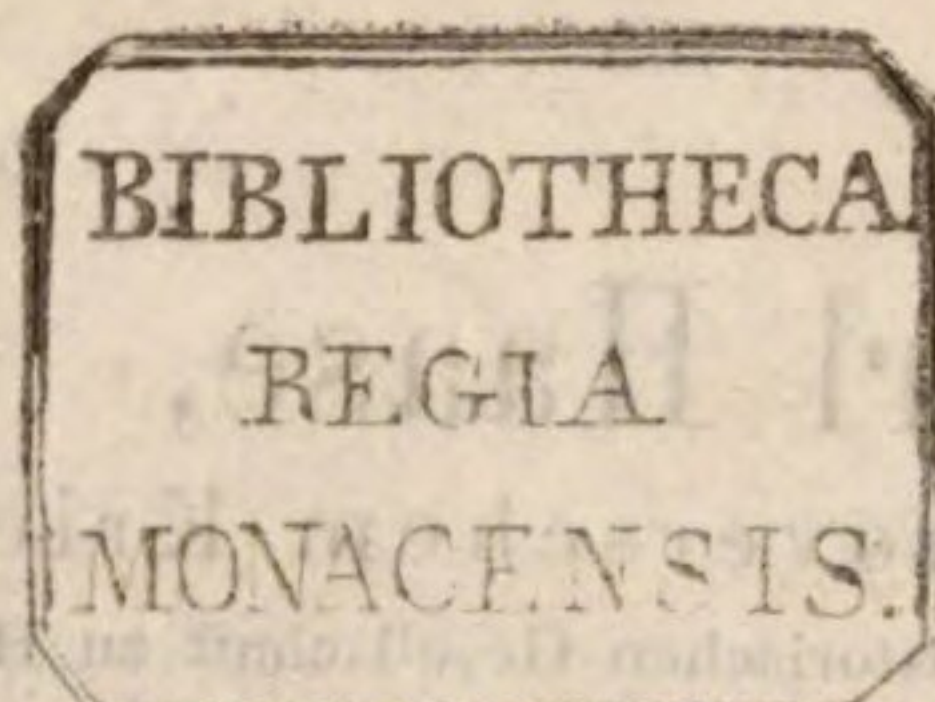
Hahn'sche Hof-Buchhandlung.

1860.

Die Sonnenfinsterniss.

Popular beschrieben

Neuer vollständigster Katalog der totalen Finsternisse am 18. Julius 1860



Zwei Bände sind es, die vorliegen sollen.
Erster Band: die Sonnenfinsternisse des Monats
Juli 1860 in Deutschland, und die Finsternisse
des Monats August 1860 in Europa.
Zweiter Band: die Sonnenfinsternisse des Monats
Juli 1860 in Europa, und die Finsternisse
des Monats August 1860 in Europa.

Mit 31 Holzschnitten und einem lithographischen Farbendrucke.

Hannover.

Hahn'sche Hof-Buchhandlung.

1860

Vorwort.

Die Beobachtung der am 18. Juli 1860 bevorstehenden Sonnenfinsterniss (welche zwar bei uns nur als partiale erscheint, für einen Theil Spaniens dagegen total wird) hat in ungewöhnlicher, aber sehr erfreulicher und gerechtfertigter Weise die Aufmerksamkeit der astronomischen Autoritäten der Jetztzeit auf sich gezogen, sowie die freigebigste und thätigste Unterstützung von Seiten vieler europäischer Regierungen zugesichert erhalten. England, Frankreich, Deutschland, Italien und Russland rüsten auf Regierungskosten Expeditionen von Astronomen und Physikern aus,*) die von der Biscayischen Bai bis an die Mündungen des Ebro ein ausgedehntes Netz von Beobachtungsstationen nach wohlüberlegtem Plane besetzen werden und zwar hier alle einig, einig in dem obersten Zwecke, dem Zwecke der Erforschung wissenschaftlicher Wahrheit.

Seit den Zeiten, wo Thales von Milet den Joniern die Sonnenfinsterniss vorherverkündete,**) seit der Zeit, wo Columbus den Wilden Amerika's die Mondfinsterniss voraussagte, ist allerdings Erhebliches geleistet in dem weiten Gebiete des astronomischen

*) Siehe hierüber das Nähere in §. 38.

**) 584 Jahre vor Chr. Geb. vergl. §. 22.

Wissens. Die grössten Geister aller Nationen und aller Zeiten haben durch ihr ergänzendes Zusammenwirken den Baum der Erkenntniss zum mächtigen Wachsthum befördert. Aber ausgewachsen ist er nicht, kann er nicht sein, wird er nie sein!

Da durch, dass bei der Unvollkommenheit der menschlichen Natur, die absolute Wahrheit für uns nicht erreichbar ist, darf man sich nicht abhalten lassen, ihr sich wenigstens so viel als möglich zu nähern, und wie weit wir noch vom Ziele entfernt, und welche Lücken in unserer Erkenntniss noch auszufüllen sind, wissen eben diejenigen am Besten zu übersehen, die jetzt den höchsten Standpunkt einnehmen. Eben weil sie das wissen, desswegen werden die vorerwähnten Expeditionen unternommen.

Zwar kann nicht jeder Erdensohn ein Copernicus oder Newton sein; dazu ist einerseits, abgesehen von dem verschiedenen Maasse der geistigen Fähigkeiten, die Noth der Erde und des täglichen Lebens viel zu stark, und dazu ist andererseits das Streben, sich aus Genusssucht und Sinnlichkeit loszuringen, viel zu schwach. Daneben hat sich das Gebiet der gesammten Wissenschaften so ausserordentlich erweitert, dass für den Einzelnen schon sehr viel dazu gehört, das Gebiet einer einzigen Disciplin einigermaßen zu beherrschen, und es sind die Zeiten längst entschwunden, wo von einer sogenannten Universalgelehrsamkeit eben des Einzelnen die Rede sein konnte.

Das aber ist unseres Erachtens zu wünschen, dass ein confuses Halbwissen — welches, in Folge des früher mangelhaften Elementar-Unterrichtes in der Lehre vom Weltgebäude sich so häufig in diesem Zweige der Naturwissenschaft bemerklich macht — immer mehr verdrängt und durch eine, zum Gemeingut Vieler werdende klarere Auffassung der Phänomene des Himmels ersetzt de.

Unter jenen grossen Natur-Erscheinungen nimmt nun namentlich die Sonnenfinsterniss einen hervorragenden Platz ein, und der Menscheist fühlt sich dadurch so unwillkürlich zu grösserem Nachdenken angeregt, dass es für Manchen vielleicht angenehm sein mag, die zunächst für dieses Phänomen in Betracht kommenden allgemeinen Gesichtspunkte in einem gewissen Zusammenhange zu überblicken.

Nicht Jedem stehen zu solchem Zwecke bändereiche astronomische Werke zur Disposition, die ausserdem meistens mathematische Vorkenntnisse voraussetzen.

Einen derartigen Ueberblick in populärer Darstellung und ohne jene Voraussetzung zu geben, ist der Zweck der nachstehenden Schrift.

Geschrieben zu Hannover, 5. Juni 1860.

C. Haase.

Inhalts - Verzeichniss.

Erstes Capitel.

Von der Sonnenfinsterniss im Allgemeinen.

- §. 1. Lichtgestalten (Phasen) des Mondes.
- §. 2. Bewegung der Erde.
- §. 3. Umlauf des Mondes.
- §. 4. Form der Erdbahn und Mondbahn.
- §. 5. Wechsel der Schnelligkeit in der Bahnbewegung.
- §. 6. Wahre und scheinbare Durchmesser der Körper.
- §. 7. Fortsetzung.
- §. 8. Fortsetzung.
- §. 9. Form des Kugelschattens und dessen Ausdehnung.
- §. 10. Anwendung; Entstehung der Finsternisse.
- §. 11. Bedingung der Finsterniss durch Neigung und Knoten.
- §. 12. Fortsetzung.
- §. 13. Ein Gleichniss.
- §. 14. Fortsetzung.
- §. 15. Anwendung des Gleichnisses zur Erklärung der Parallaxe.
- §. 16. Totale, ringförmige, partiale Finsterniss.
- §. 17. Häufigkeit und Dauer der Finsternisse.
- §. 18. Wiederkehr der Finsternisse.
- §. 19. Nutzen der für die Finsternisse erforderlichen Rechnungen.
- §. 20. Anziehung der Körper.
- §. 21. Störungen in der Bahnbewegung.
- §. 22. Die Hansen'schen Sonnen- und Mondtafeln.
- §. 23. Sonnenflecke.
- §. 24. Sonnenfackeln und Lichtadern.
- §. 25. Folgerung über die physische Beschaffenheit der Sonne.
- §. 26. Polarisation des Lichtes und Polariscop.
- §. 27. Anwendung des Polariscops bei totalen Sonnenfinsternissen.

- §. 28. Die Erscheinung der Corona.
- §. 29. Bedeutung der Corona.
- §. 30. Die Protuberanzen.
- §. 31. Andere, bei Beobachtung der Finsterniss in Betracht kommende Erscheinungen.
- §. 32. Photographien.
- §. 33. Finsternisswind.
- §. 34. Grad der Dunkelheit bei der Sonnenfinsterniss und Farbenwechsel.
- §. 35. Aufsuchung sonnennaher Planeten während der Totalität.
- §. 36 u. 37. Eindruck der Finsterniss auf die Pflanzen- und Thierwelt.

Zweites Capitel.

Von der am 18. Juli 1860 eintretenden Sonnenfinsterniss insbesondere.

- §. 38. Totalitätszone und Expeditionen.
- §. 39. Anfang, Ende und Grösse der Finsterniss für eine Anzahl Städte.
- §. 40. Dimensionen. Stellung einiger Gestirne.
- §. 41. Beobachtungsmethoden.
- Schluss.

Erstes Capitel.

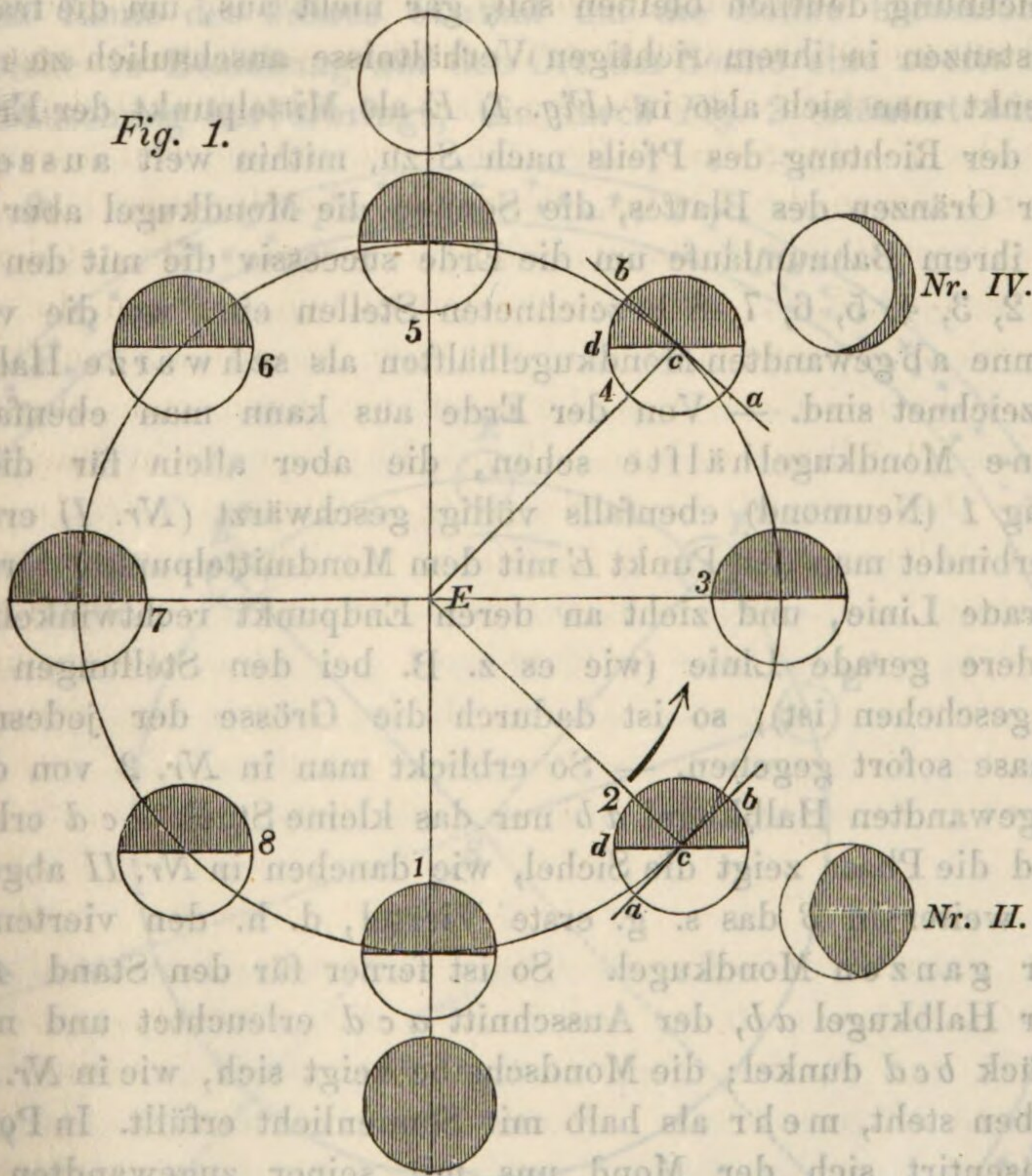
Von der Sonnenfinsterniss im Allgemeinen.

§. 1.

Die Erde sowohl wie der Mond sind undurchsichtige und dunkle kugelförmige Körper, die ihr Licht von der Sonne empfangen. — Die Sonne kann zur Zeit nur immer die eine Hälfte dieser beiden Kugeln erleuchten, während die andere Hälfte dunkel ist. Hieraus erklärt sich sehr einfach der Wechsel in den Lichtgestalten (s. g. Phasen) unseres Satelliten bei seinem Umlaufe um die Erde.

Nr. V. Vollmond.

Fig. 1.



Nr. IV.

Nr. II.

Nr. I. Neumond.

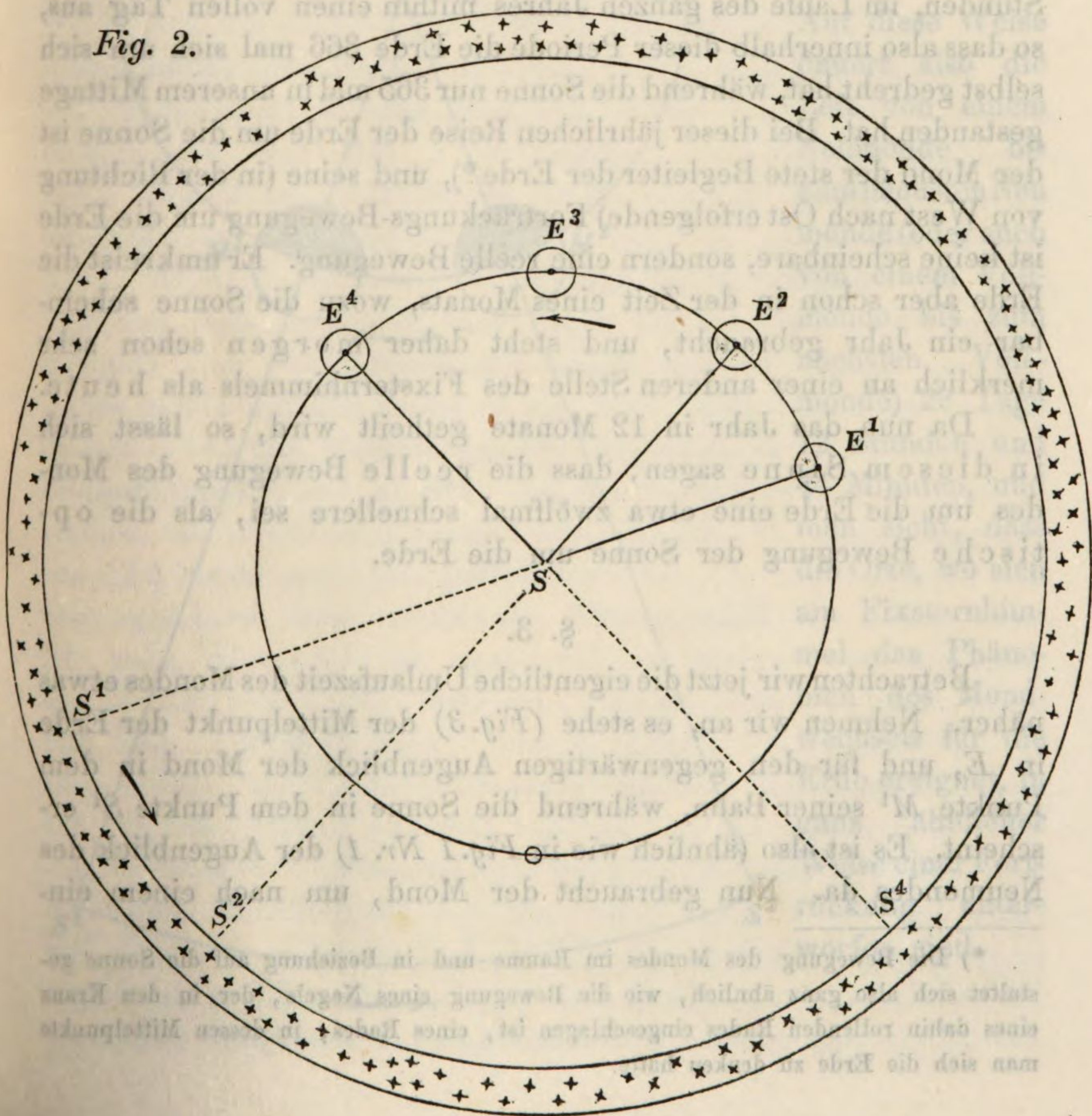
S

Um das richtig aufzufassen, muss man sich zunächst das Verhältniss deutlich machen, in welchem die Entfernung des Mondes von der Erde zu der Entfernung der Sonne von der Erde steht. Während der Mond nur etwas weiter als 50 Tausend geographische Meilen von uns absteht, beträgt die Entfernung der Sonne von der Erde etwas mehr als 20 Millionen Meilen. Indessen sind diese Zahlen für eine übersichtliche Vorstellung vielleicht immer noch zu gross. Sagen wir daher, dass wenn man die Mittelpunkte der Erde und des Mondes um einen Zoll auseinander zeichnet, wir dann schon die Sonne um 400 Zoll, also um etwas mehr als 33 Fuss von der Erde entfernt darzustellen haben.

Ein gewöhnliches Stück Papier reicht mithin, wenn die Zeichnung deutlich bleiben soll, gar nicht aus, um die fraglichen Distanzen in ihrem richtigen Verhältnisse anschaulich zu machen. Denkt man sich also in (*Fig. 1*) *E* als Mittelpunkt der Erde und in der Richtung des Pfeils nach *S* zu, mithin weit ausserhalb der Grenzen des Blattes, die Sonne; die Mondkugel aber nehme in ihrem Bahnumlaufe um die Erde successiv die mit den Ziffern 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 bezeichneten Stellen ein, wo die von der Sonne abgewandten Mondkugelhälften als schwarze Halbkreise gezeichnet sind. — Von der Erde aus kann man ebenfalls nur eine Mondkugelhälfte sehen, die aber allein für die Stellung 1 (Neumond) ebenfalls völlig geschwärzt (*Nr. I*) erscheint. Verbindet man den Punkt *E* mit dem Mondmittelpunkte durch eine gerade Linie, und zieht an deren Endpunkt rechtwinkelig eine andere gerade Linie (wie es z. B. bei den Stellungen 2 und 4 geschehen ist), so ist dadurch die Grösse der jedesmaligen Phase sofort gegeben. — So erblickt man in *Nr. 2* von der uns zugewandten Halbkugel *a b* nur das kleine Stück *a c d* erleuchtet und die Phase zeigt die Sichel, wie daneben in *Nr. II* abgebildet. So weiter in 3 das s. g. erste Viertel, d. h. den vierten Theil der ganzen Mondkugel. So ist ferner für den Stand 4, von der Halbkugel *a b*, der Ausschnitt *a c d* erleuchtet und nur das Stück *b c d* dunkel; die Mondscheibe zeigt sich, wie in *Nr. IV* daneben steht, mehr als halb mit Sonnenlicht erfüllt. In Position 5 präsentiert sich der Mond uns mit seiner zugewandten Hälfte völlig erleuchtet u. s. w. Zugleich sieht man, dass, wenn in der Zeichnung eine Ebene durch die Mittelpunkte der Erde und der Sonne senkrecht auf die Ebene des Papiers gelegt wird, sowohl beim Vollmonde als beim Neumonde der Mittelpunkt des Mondes ebenfalls in diese Ebene fällt.

§. 2.

Die Erdkugel besitzt zwei, von einander ganz verschiedene Bewegungen. Zunächst hat sie eine Drehungsbewegung um sich selbst, zu deren Vollendung sie bekanntlich 24 Stunden gebraucht und die in der Richtung von West nach Ost vor sich geht. Diese Drehung (Rotation) veranlasst die optische Täuschung, dass die am Firmamente sichtbaren Gestirne (einschliesslich der Sonne und des Mondes) in entgegengesetzter Richtung, also von Ost nach West, täglich einmal um die Erde herum zu laufen und beziehungsweise auf- und unterzugehen scheinen. Neben dieser Rotation aber ist der Erde noch eine, ebenfalls von West nach Ost gerichtete Bewegung im Raume verliehen, welche unsern Planeten im Laufe des Jahres einmal um die Sonne herumführt, und welche in Beziehung auf den Ort der Sonne eine zweite optische Täuschung hervorbringt, die durch *Fig. 2* erläutert wird:

Fig. 2.

Hier stehe in S unbeweglich die Sonne; die Erde aber bewege sich in der Richtung des Pfeils, von E^1 nach E^2 , E^3 , E^4 u. s. w., bis sie nach Ablauf des Jahres wieder in E^1 anlangt, so wird es von unseren irdischen successiven Standpunkten derartig aussehen, als ob die Erde stillgestanden und dagegen sich die Sonne bewegt habe (vergl. *Fig. 3*), und zwar wird, wenn die Erde in E^1 ist, die Sonne (an dem, durch den äussersten Kreis angedeuteten Fixsternhimmel) bei S^1 zu stehen scheinen; für den Erdort E^2 bildet sich die Sonne in S^2 ab; für E^4 in S^4 u. s. w. In den 24 Stunden also, welche die Erde gebraucht, um sich einmal um sich selbst zu drehen, steht sie in ihrer Bahn um die Sonne nicht still und bewirkt dadurch das allmälige (scheinbare) Fortrücken der Sonne unter den Fixpunkten des Himmels, wodurch das (von der Rotation der Erde herührende) Auf- und Untergehen der Sonne täglich um 4 Zeitminuten verzögert wird. Diese Verzögerung trägt in einem Monate schon 2 Stunden, im Laufe des ganzen Jahres mithin einen vollen Tag aus, so dass also innerhalb dieser Periode die Erde 366 mal sich um sich selbst gedreht hat, während die Sonne nur 365 mal in unserem Mittage gestanden hat. Bei dieser jährlichen Reise der Erde um die Sonne ist der Mond der stete Begleiter der Erde*), und seine (in der Richtung von West nach Ost erfolgende) Fortrückungs-Bewegung um die Erde ist keine scheinbare, sondern eine reelle Bewegung. Er umkreist die Erde aber schon in der Zeit eines Monats, wozu die Sonne scheinbar ein Jahr gebraucht, und steht daher morgen schon sehr merklich an einer anderen Stelle des Fixsternhimmels als heute.

Da nun das Jahr in 12 Monate getheilt wird, so lässt sich in diesem Sinne sagen, dass die reelle Bewegung des Mondes um die Erde eine etwa zwölfmal schnellere sei, als die optische Bewegung der Sonne um die Erde.

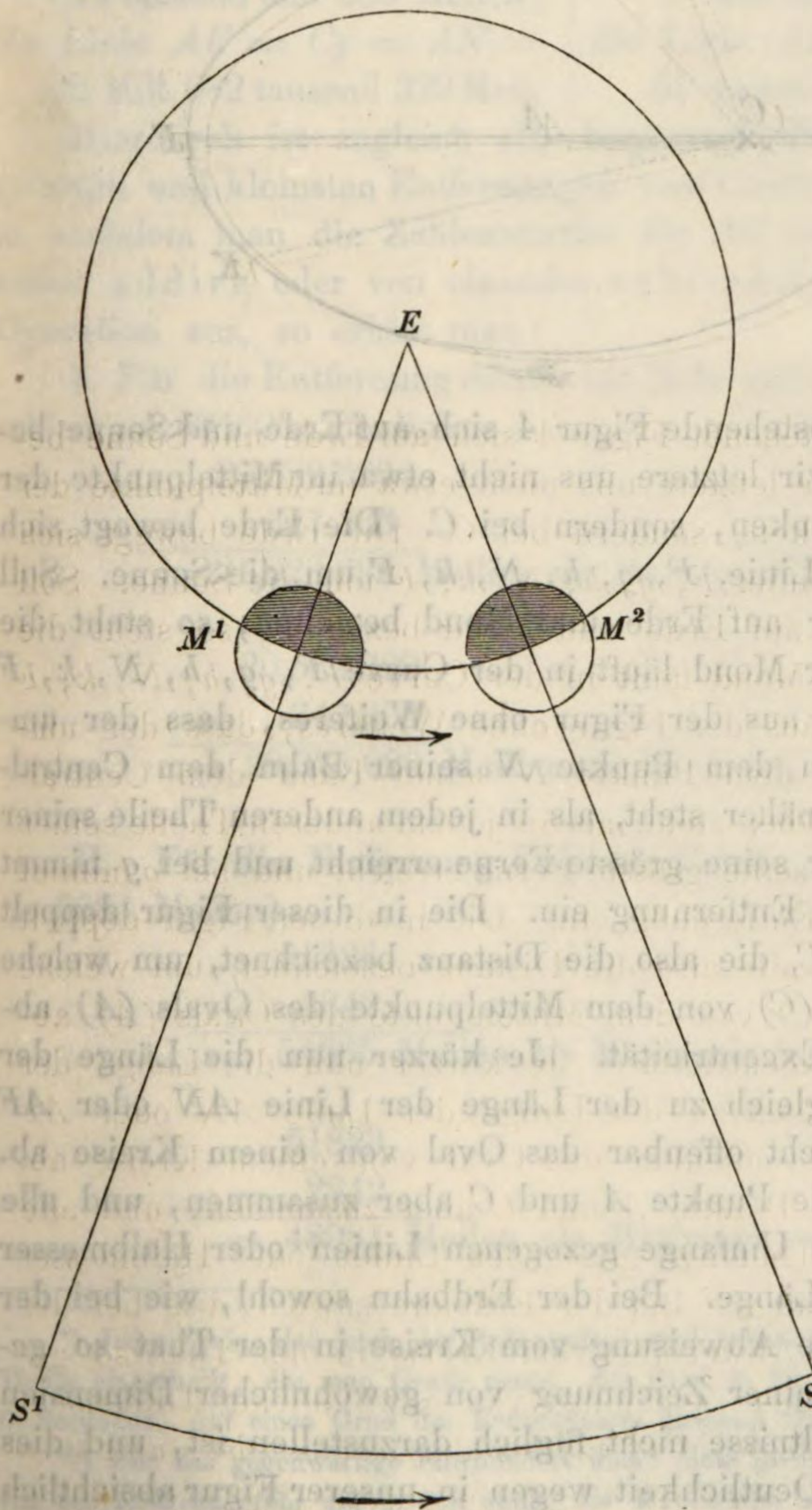
§. 3.

Betrachten wir jetzt die eigentliche Umlaufszeit des Mondes etwas näher. Nehmen wir an, es stehe (*Fig. 3*) der Mittelpunkt der Erde in E , und für den gegenwärtigen Augenblick der Mond in dem Punkte M^1 seiner Bahn, während die Sonne in dem Punkte S^1 erscheint. Es ist also (ähnlich wie in *Fig. 1* Nr. 1) der Augenblick des Neumondes da. Nun gebraucht der Mond, um nach einem ein-

*) Die Bewegung des Mondes im Raume und in Beziehung auf die Sonne gestaltet sich also ganz ähnlich, wie die Bewegung eines Nagels, der in den Kranz eines dahin rollenden Rades eingeschlagen ist, eines Rades, in dessen Mittelpunkte man sich die Erde zu denken hätte.

maligen ganzen Umlauf in seiner Bahn, wieder in M^1 anzulangen etwa 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten. Während dieser Zeit hat sich aber die Sonne scheinbar bereits von S^1 fortbewegt und ist nach S^2 hingerückt. Um daher wieder den Effect des Neumondes hervorzubringen, d. h. damit seine uns zugewandte Halbkugel wieder völlig dunkel erscheine, muss der Mond, nach Zurücklegung eines ganzen Umlaufs auch noch ein plus,

Fig. 3.

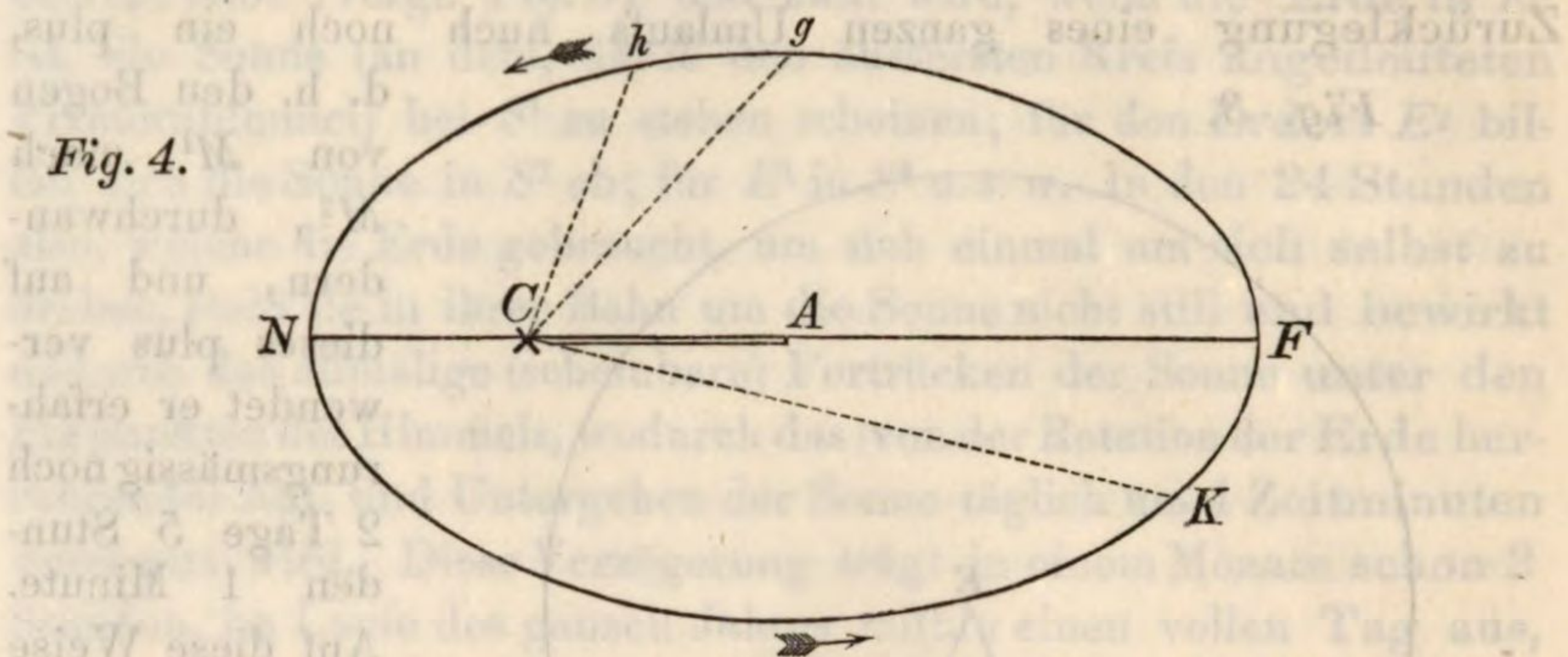


d. h. den Bogen von M^1 nach M^2 , durchwandern, und auf dieses plus verwendet er erfahrungsmässig noch 2 Tage 5 Stunden 1 Minute.

Auf diese Weise dauert also die Zeit von einem Neumonde bis zum nächsten Neumonde (oder auch von einem Vollmonde bis zum nächsten Vollmonde) 29 Tage 12 Stunden und 44 Minuten, und man sieht, dass die Orte, wo sich am Fixsternhimmel das Phänomen des Mondwechsels für die Erde ereignet, in ganz ähnlicher Weise einer Fortrückung unterworfen sind.

§. 4.

Die Bahn, in welcher die Erde um die Sonne sich bewegt, und ebenso die Bahn, die vom Monde um die Erde beschrieben wird, ist nicht kreisförmig, sondern oval gestaltet, oder (wie der Kunstausdruck lautet) die Bahn bildet eine Ellipse.



Soll die nebenstehende Figur 4 sich auf Erde und Sonne beziehen, so haben wir letztere uns nicht etwa im Mittelpunkte der Figur bei A zu denken, sondern bei C. Die Erde bewegt sich dann in krummer Linie, F, g, h, N, k, F um die Sonne. Soll sich dieselbe Figur auf Erde und Mond beziehen, so steht die Erde in C und der Mond läuft in der Curve F, g, h, N, k, F herum. Man sieht aus der Figur ohne Weiteres, dass der umlaufende Körper in dem Punkte N seiner Bahn dem Centralkörper bei C viel näher steht, als in jedem anderen Theile seiner Bahn; bei F hat er seine grösste Ferne erreicht und bei g nimmt er seine mittlere Entfernung ein. Die in dieser Figur doppelt gezogene Linie AC, die also die Distanz bezeichnet, um welche der Centralkörper (C) von dem Mittelpunkte des Ovals (A) absteht, heisst die Excentricität. Je kürzer nun die Länge der Linie AC im Vergleich zu der Länge der Linie AN oder AF ist, je weniger weicht offenbar das Oval von einem Kreise ab. Im Kreise fielen die Punkte A und C aber zusammen, und alle von dort nach dem Umfange gezogenen Linien oder Halbmesser hätten gleiche Länge. Bei der Erdbahn sowohl, wie bei der Mondbahn, ist diese Abweisung vom Kreise in der That so gering, dass sie in einer Zeichnung von gewöhnlicher Dimension in richtigem Verhältnisse nicht füglich darzustellen ist, und dies Verhältniss ist der Deutlichkeit wegen in unserer Figur absichtlich übertrieben angegeben. Um unsere Leser in den Stand zu setzen,

sich darüber ein eigenes Urtheil zu bilden, wollen wir die Zahlen für die fraglichen Linien nach den besten Quellen genau angeben, und (sowohl für die Erdbahn als für die Mondbahn) in geographischen Meilen, deren 5400 auf den ganzen Umfangskreis des Erdkörpers gehen.*)"

Für die Erdbahn	Für die Mondbahn
ist die Linie $AC =$ 347 tausend und 303 Meilen; die Linie $AF = Cg = AN =$ 20 Mill. 682 tausend 329 Meil.	ist die Linie $AC =$ 2 tausend und 842 Meilen; die Linie $AF = Cg = AN =$ 51 tausend und 823 Meilen,

Hierdurch ist zugleich ein bequemes Mittel gegeben, die grössten und kleinsten Entfernungen vom Centrankörper zu finden, je nachdem man die Zahlenwerthe für AC und für AN zu einander addirt, oder von einander subtrahirt. Führen wir die Operation aus, so erhält man:

I. Für die Entfernung Sonne bis Erde (grösstmöglicher Unterschied $= 694606$) nämlich:

$$\begin{array}{r}
 20,682,329 \\
 + \quad 347,303 \\
 \hline
 = 21,029,632 \text{ Meilen als Maximum**)} = CF. \\
 \\
 20,682,329 \\
 - \quad 347,303 \\
 \hline
 = 20,335,026 \text{ Meilen als Minimum} = NC.
 \end{array}$$

II. Für die Entfernung Erde bis Mond (grösster Unterschied $= 5684$ Meilen)

$$\begin{array}{r}
 51823 \\
 + \quad 2842 \\
 \hline
 = 54665 \text{ Meilen als Maximum} = CF. \\
 \\
 51823 \\
 - \quad 2842 \\
 \hline
 = 48981 \text{ Meilen als Minimum} = NC.
 \end{array}$$

*) Jeder Kreis, also auch der Erdaequator wird bekanntlich in Gedanken in 360 Theile eingetheilt, die man Grade nennt, der Grad in 60 Minuten, die Minute in 60 Secunden. Auf einen Grad des Erdaequators kommen also 15 Meilen Bogenlänge.

**) Für das gegenwärtige Jahrhundert findet diese grösste Entfernung der Sonne von der Erde ungefähr am 2. Juli statt, die kleinste aber trifft auf den 1. Januar ein, wo es für die Nordhalbkugel der Erde Winter ist.

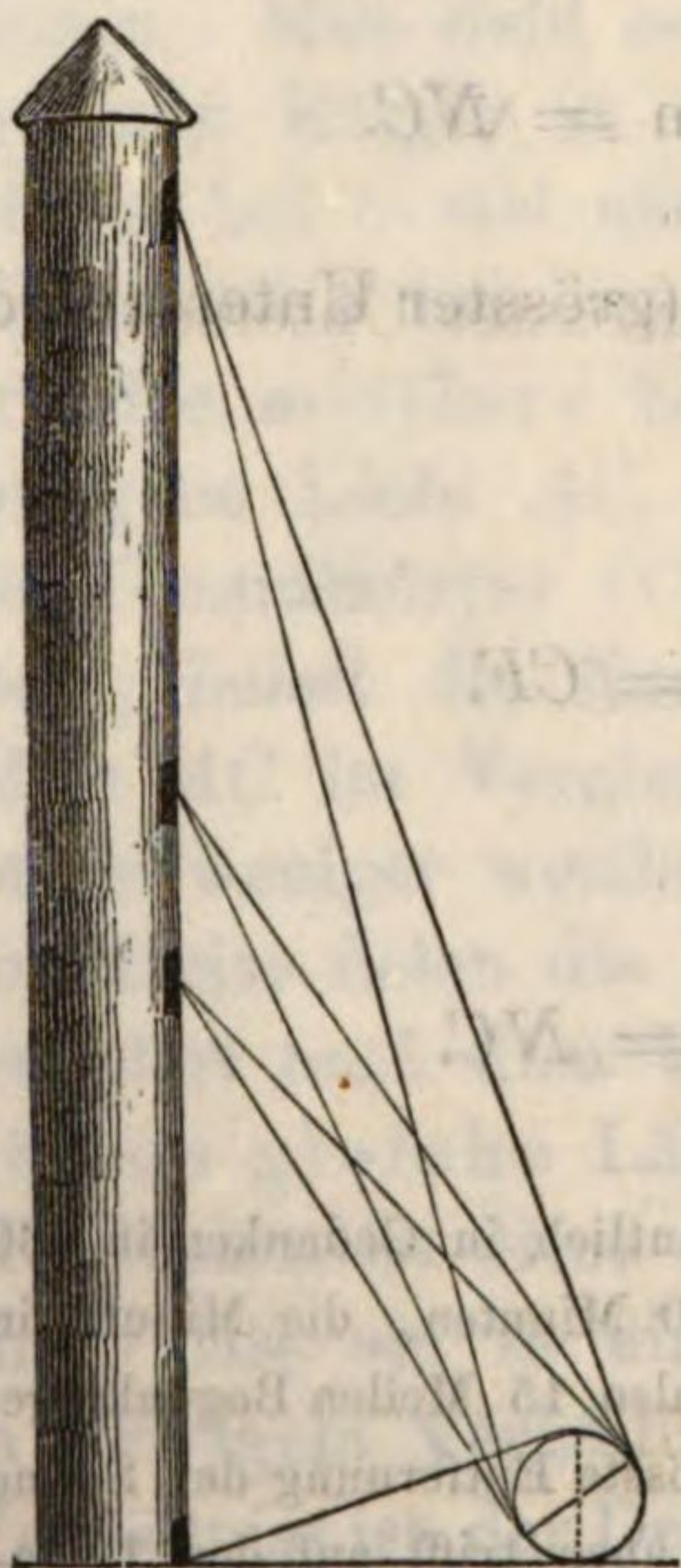
§. 5.

Mit diesen sehr verschiedenen Entfernungen des umlaufenden Körpers vom Centrankörper ist aber noch ein anderes sehr wichtiges Verhältniss eng verbunden. Je näher nämlich, während des Umlaufs der Erstere dem Centrankörper kommt, desto mehr beschleunigt sich auch seine Bewegung in der Bahn. In der Sonnennähe fliegt die Erde weit schneller im Raume, als in der Sonnenferne, und in der Erdnähe bewegt sich der Mond viel rascher fort, als in der Erdferne. Mit Rücksicht auf die Figur 4 findet also beim Durchgange durch den Punkt N die schnellste Bahnbewegung statt, beim Weiterrücken durch k nach F wird sie immer langsamer, in F hat sie ihren kleinsten Zahlen-Werth, um bei dem Fortgange nach g, h, N sich in immer stärkerer Proportion zu beschleunigen.

§. 6.

Eine Folge der bald grösseren, bald kleineren Entfernung des Mondes von der Erde, sowie der Sonne von der Erde, ist sodann der Umstand, dass der scheinbare Durchmesser der Sonnenscheibe sich bald grösser, bald kleiner zeigt, und in noch stärkerem Maasse prägt sich dieser Unterschied der scheinbaren Durchmesser bei dem Monde aus. Die wahren Durchmesser

Fig. 5.



jener Himmelskörper können natürlich hierdurch in keiner Weise verändert werden. Diese wahren Durchmesser betragen in geographischen Meilen:

Für die Sonne = 192 tausend 421 Meilen,
 „ „ Erde = 17 hundert und 19 Meilen,
 „ den Mond = 4 hundert und 68 Meilen.

Gesetzt, ich hätte den wirklichen Durchmesser einer auf dem Strassenpflaster liegenden Kugel zu 6 Fuss gemessen, und ich besteige nun einen in der Nähe befindlichen hohen Thurm (Fig. 5) so wird mir der scheinbare Durchmesser der Kugel immer kleiner vorkommen, je höher ich in den Thurm hinaufgelange, oder mit anderen Worten: der Schwinkel im Auge des Beobachters, der von den beiden, nach den Durchmesser-Enden der Kugel gezogenen Linien

eingeschlossen wird, ist in steter Abnahme begriffen, je länger diese beiden Linien werden. Der Betrag dieses Seh-Winkels ist also von zwei Umständen abhängig, nämlich einmal von der unveränderlichen Grösse der Kugel, und zweitens von der veränderlichen Entfernung der letzteren vom Auge. So lange man also die Länge der fraglichen beiden Linien nicht anders woher kennt, so lange lässt sich auch aus dem blossen Betrage des Seh-Winkels noch kein sicherer Schluss auf den wirklichen Durchmesser des Kugelkörpers machen.

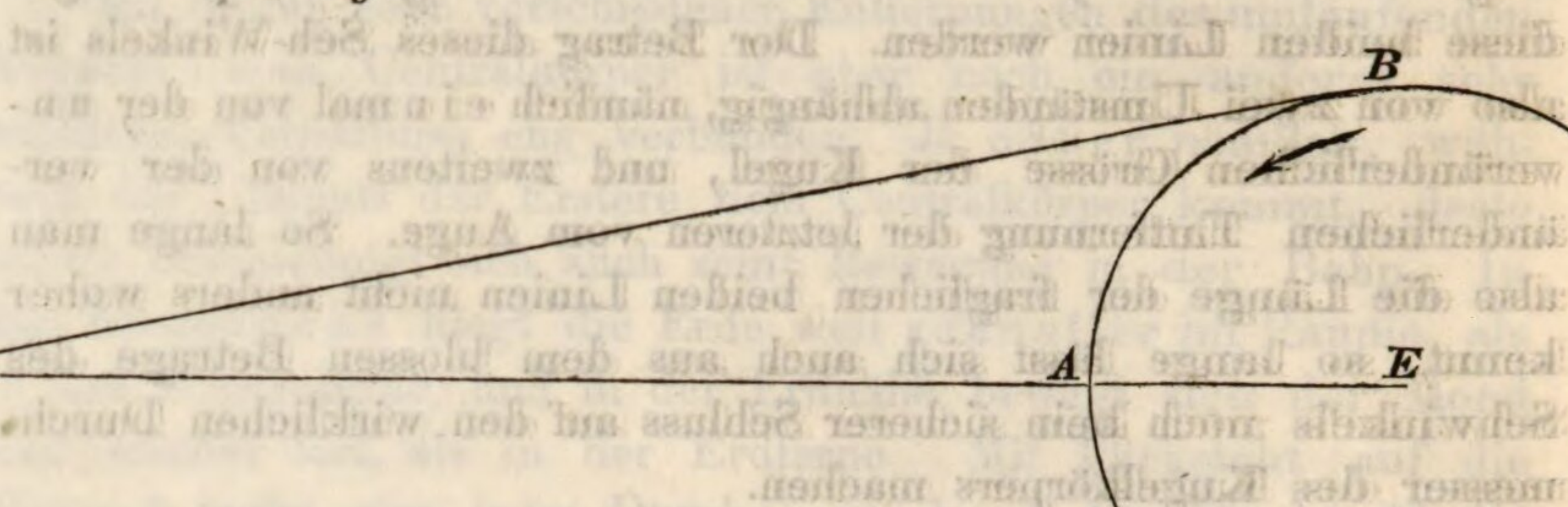
Das unbewaffnete Auge schätzt den scheinbaren Durchmesser der Sonne etwa dem scheinbaren Durchmesser des Mondes gleich, mit anderen Worten: die grosse Sonne kommt uns wegen ihrer colossalen Entfernung von uns doch nur ungefähr ebenso gross vor, wie der kleine, aber verhältnissmässig so sehr nahe Mond. Denken wir uns z. B. den Horizont, d. h. denjenigen grössten Kreis, der sichtbar wird, wo sich, von erhöhtem Standpunkte aus gesehen, Himmel und Erdoberfläche zu berühren scheinen), in 360 gleiche Theile oder Grade getheilt, so fällt auf den scheinbaren Durchmesser des Mondbildes oder des Sonnenbildes am Himmel ungefähr ein halber Grad, also etwa 30 Minuten. Bringt man aber bei einem Fernrohre ein gutes Winkelmesswerkzeug an, so erhält man folgende genauere Zahlen für die scheinbaren Durchmesser beider Himmelskörper.

Sonne	a. In der mittleren Entfernung (vergl. §. 4)	
	erscheint der Durchmesser der Sonne =	31 Min. 59 Sec.
	b. In der grössten Entfernung	= 31 „ 30 „
	c. In der kleinsten Entfernung	= 32 „ 35 „
Mond	d. In der mittleren Entfernung erscheint	
	der Durchmesser des Mondes	= 31 „ 7 „
	e. In der grössten Entfernung	= 29 „ 22 „
	f. In der kleinsten Entfernung	= 33 „ 31 „

§. 7.

Selbst wenn aber die Bahn des Mondes kein Oval, sondern ein Kreis wäre, mithin der Mittelpunkt des Mondes und der Mittelpunkt der Erde stets gleichen Abstand von einander besässen, würde doch für gleichzeitige Beobachter an den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche die Mondscheibe nicht stets gleichen Durchmesser zeigen.

Fig. 6.



Sei (in *Fig. 6*) E der Erdmittelpunkt, M der Mondmittelpunkt, so wird ein Beobachter auf der Erdoberfläche bei A (dem der Mond jetzt hoch oben am Himmel zu stehen scheint) dem Monde um den Halbmesser der Erdkugel (also um mehr als 800 Meilen) näher sich befinden, als der Beobachter bei B , für welchen der Mond eben aufgeht. A wird also den Mond etwas grösser sehen, als es für B der Fall ist. Nach 6 Stunden aber hat die Erde bereits $\frac{1}{4}$ Drehung um sich selbst gemacht, und jetzt befindet sich B an der Stelle, wo vorher A stand. Allmählig hat also für B , je höher der Mond an der Himmelsdecke hinaufgerückt, dessen scheinbarer Durchmesser etwas zugenommen, und letzterer nimmt wieder ab, wenn der Mond die Mitte des Himmels passirt hat und sich dem Niedergange zuneigt. Für den Mond kann dieser Durchmesser-Unterschied eine halbe Bogenminute übersteigen und darf bei scharfen Berechnungen nicht vernachlässigt werden. Bei dem scheinbaren Sonnendurchmesser findet eine analoge Differenz zwar theoretisch ebenfalls statt, ihr Betrag ist aber praktisch verschwindend klein, denn für den Mond ist die Länge der Linie $ME = 50,000$ und $AE = 800$; für die Sonne würde aber ME über 20 Millionen sein, während $AE = 800$ bleibt.

§. 8.

Aus den am Schlusse des §. 6. gegebenen Zahlenwerthen für a, b, c, d, e, f sieht man, dass die scheinbaren Durchmesser von Sonne und Mond sich wechselsweise an Grösse übertreffen. Legte man also z. B. die Mondscheibe mit dem Durchmesser e concentrisch auf die Sonnenscheibe mit dem Durchmesser c , so würde von letzterer noch rings ein schmaler Rand hervorstehen. Würde man dagegen die Mondscheibe in dem Augenblicke, wo sie den

Werth (f) hat, auf die Sonnenscheibe dann gelegt denken, wenn letztere nur in der Grösse (a) erscheint, so würde das Sonnenbild von dem Mondbilde nicht nur völlig verdeckt werden, sondern der Mondrand noch überstehen.

§. 9.

Lässt man von der Decke eines Zimmers einen etwa 3zölligen Ball an einem Faden herabhängen und stellt $1\frac{1}{2}$ —2 Fuss weiter eine hellstrahlende, mit etwa 6zölliger Kugel-Kuppel versehene Lampe (hinter welcher ein Hohlspiegel oder inwendig polirter Trichter zur Concentrirung des Lichtes befestigt ist) auf, so wird man bemerken, dass der Kernschatten, den der Ball in den Zimmerraum wirft, eine zuckerhutförmige Gestalt*) hat. Hält man ein weisses Stück Papier an die von der Lampe abgewandte Ballseite, so erscheint auf dem Papiere ein schwarzer Kreis**), der immer kleiner wird, je weiter man das Papier von dem Balle entfernt, und der zuletzt zu einem Punkte zusammenschrumpft. Hält man die Fläche des Papiers nicht in senkrechter, sondern in schräger Richtung gegen die Linie, welche die Mittelpunkte der Kuppel und des Balls verbindet, so wird der Schattendurchschnitt kein Kreis, sondern ein (mehr Flächenraum als der Kreis einnehmendes) Oval. — Ganz ähnlich wirft auch die um die leuchtende Sonne sich bewegendende Erde ihren kegelförmigen Schatten in den weiten Himmelsraum hinaus, und dasselbe ist mit dem von der Sonne beschienenen Monde der Fall. Es ist nicht schwer, sich von der Länge dieser Schatten eine Vorstellung zu machen. Das Ende des Schattens, d. h. die Spitze der Zuckerhutform, wird nämlich im Raume stets in einem Punkte liegen, von welchem aus gesehen, Erde und Sonne gleiche Grösse zu haben scheinen, oder mit anderen Worten, in einem Punkte, wo sich die von den Sonnenrändern nach den Erdrändern gezogenen geraden Linien hinter der Erde schneiden.

*) Diese Form nennt man in der Kunstsprache einen Kegel (*conus*).

**) Rings um diesen schwarzen Kreis, der mit der Entfernung des Papiers von dem Ball kleiner wird u. den s. g. Kernschatten bildet, bemerkt man einen grösseren aber weniger dunkeln Kreis, dessen Dimensionen mit der Zunahme der Entfernung des Papiers immer wachsen, sowie in den Contouren unbestimmter und verwaschener werden. Es ist dies der s. g. Halbschatten (besser: Theilschatten) und er wird an denjenigen Stellen der Papierfläche bemerklich, denen das Licht der grösseren Glas- kugel nur zum Theil durch den kleineren dazwischen liegenden Ball entzogen ist.

Fig. 7a.

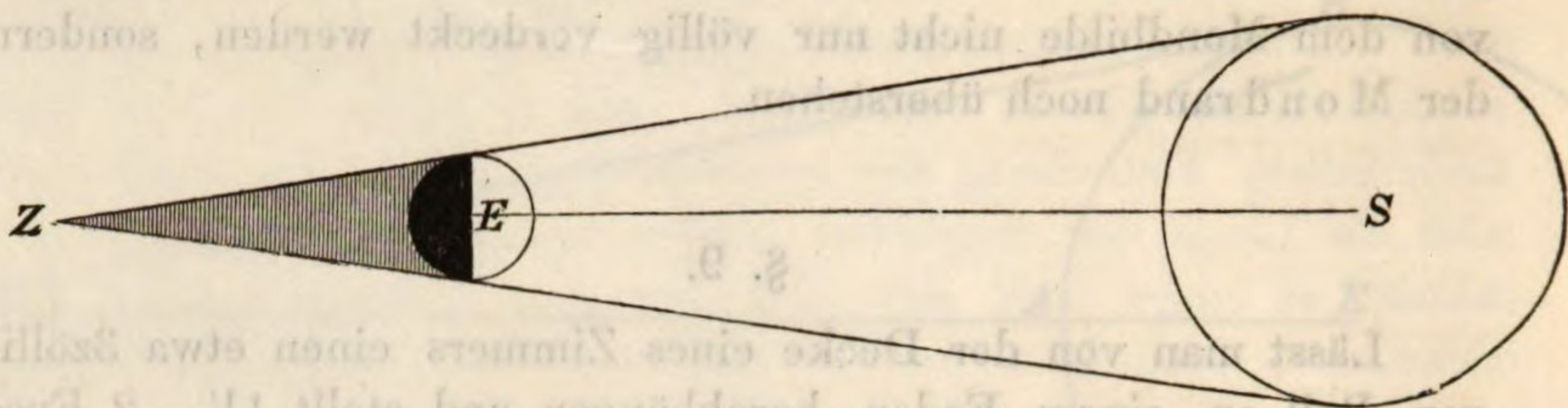
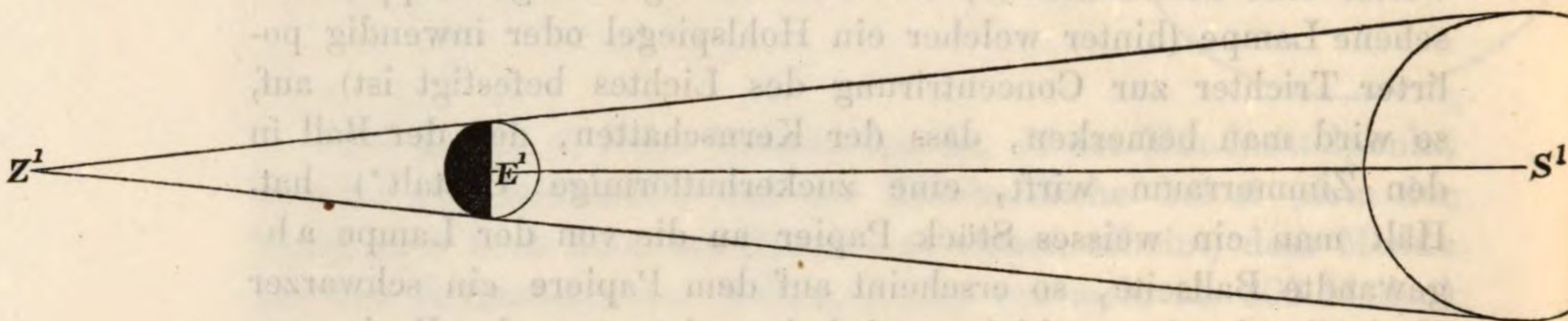


Fig. 7b.



Die *Figuren 7a* und *7b* werden dies ohne Weiteres deutlich machen. Hier ist *S* die Sonnenkugel, *E* die Erdkugel. Die Länge des Kernschattens *EZ* ist also abhängig, einmal: von den unveränderlichen absoluten Durchmessern der beiden Kugeln, und zweitens: von der veränderlichen Entfernung *ES*, *E¹S¹*. Wenn diese Entfernung zunimmt, nimmt also auch die Länge des Schattens zu. Aehnlich verhält es sich mit dem Schatten der Mondkugel, nur wird dieser stets hauptsächlich um deswillen erheblich kürzer und an der Basis schmaler als der Erdschatten sein, weil die Mondkugel so erheblich kleiner ist als die Erdkugel. Aus den Zahlen, die wir für die veränderlichen Entfernungen am Schlusse des §. 4, und für die sich gleichbleibenden Kugel-Durchmesser im Anfange des §. 6 gegeben haben, folgt durch eine leichte Rechnung in runder Zahl:

Länge des Erdschattens in grösster Entfernung

von der Sonne = 189 tausend Meil.

Länge des Erdschattens in mittlerer Entfernung = 185 „ „

Länge des Erdschattens in kleinster Entfernung = 182 „ „

Für die Länge des Schattens des Neumondes (§. 1. *Fig. 1. Nr. 1*) (und nur dieser hat bei der vorliegenden Untersuchung für uns ein Interesse) kommt es auf diejenigen verschiedenen Entfernungen an, welche die Erde und dadurch zugleich ihr Begleiter (der Mond) von der Sonne einnimmt, weil hier der (unter *Nr. I.* des §. 4 berechnete) grösstmögliche Unterschied von 694

tausend Meilen die Hauptwirkung äussert. Damit findet sich Länge des Neumondschattens bei grösster Entfernung der Erde von der Sonne in runder Zahl = 51 tausend Meilen.
 Bei mittlerer Entfernung = 50 „ „
 Bei kleinster Entfernung = 49 „ „

§. 10.

Vergegenwärtigen wir uns jetzt wiederholt das im §. 1 Gesagte und zeichnen uns die dortige Figur 1 noch einmal, jedoch so, dass wir daraus nur die Stellungen des Neumondes sowie des Vollmondes beibehalten und zugleich die Erde *E*, nicht wie dort, bloss ihrem Mittelpunkte nach, sondern als Kugel, und zwar letztere sowohl als die Mondkugel schattenwerfend denken. Diesen Versuch soll die *Fig. 8* darstellen.

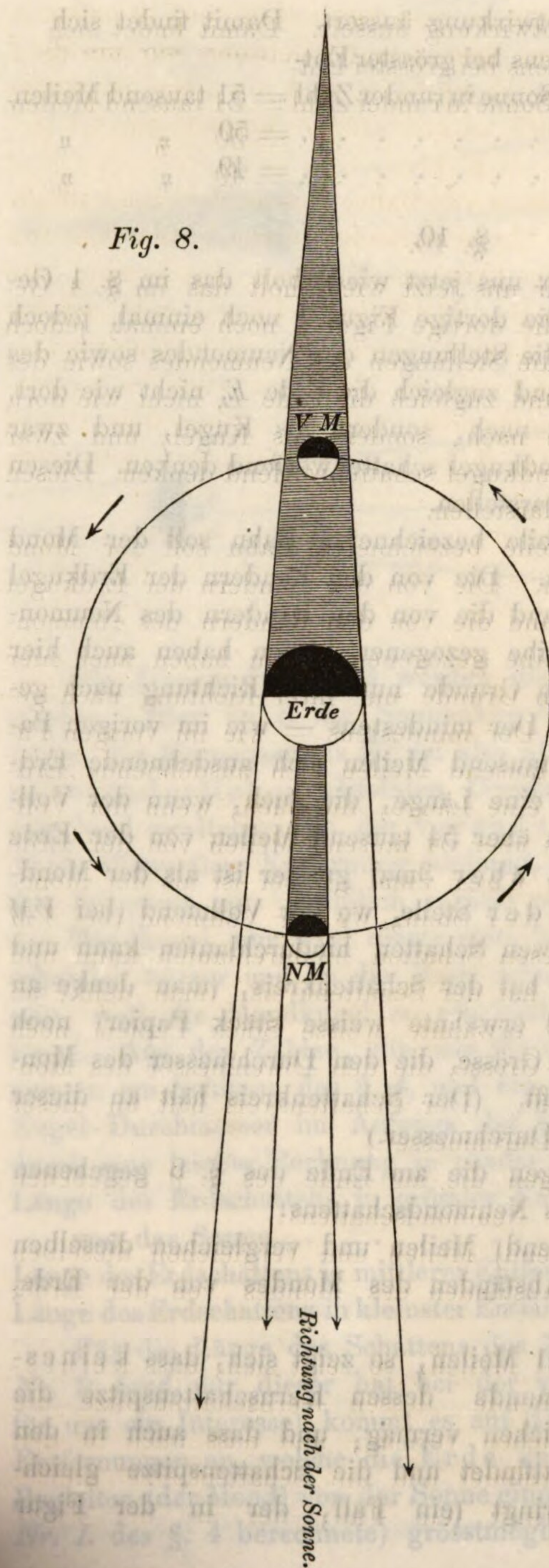
In der durch die Pfeile bezeichneten Bahn soll der Mond um die Erde herumlaufen. Die von den Rändern der Erdkugel nach der Sonnenscheibe und die von den Rändern des Neumondes nach der Sonnenscheibe gezogenen Linien haben auch hier aus dem §. 1 angeführten Grunde nur ihrer Richtung nach gezeichnet werden können. Der mindestens — wie im vorigen Paragraph gezeigt — 182 tausend Meilen sich ausdehnende Erdkernschatten besitzt also eine Länge, die auch, wenn der Vollmond im Maximum etwas über 54 tausend Meilen von der Erde entfernt ist, immer noch über 3mal grösser ist als der Mondabstand von uns, und an der Stelle, wo der Vollmond (bei *VM* der Zeichnung) durch diesen Schatten hindurchlaufen kann und dadurch verfinstert wird, hat der Schattenkreis, (man denke an das im Anfange des §. 9 erwähnte weisse Stück Papier) noch immer eine Durchmesser-Grösse, die den Durchmesser des Mondes etwa $2\frac{1}{2}$ mal übertrifft. (Der Schattenkreis hält an dieser Stelle etwa 1240 Meilen Durchmesser.)

Betrachten wir dagegen die am Ende des §. 9 gegebenen verschiedenen Längen des Neumondschattens:

51, 50 und 49 (tausend) Meilen und vergleichen dieselben mit den verschiedenen Abständen des Mondes von der Erde, nämlich:

54665; 51823; 48981 Meilen, so zeigt sich, dass keineswegs bei jedem Neumonde dessen Kernschattenspitze die Erdkugel stets zu erreichen vermäg, und dass auch in den Fällen, wo letzteres stattfindet und die Schattenspitze gleichsam in die Erde eindringt (ein Fall, der in der Figur

Fig. 8.



bei NM angenommen ist), doch stets nur ein kleiner Theil der Erdoberfläche davon getroffen wird, und für diesen dann das Phänomen einer gänzlichen Verdeckung der Sonne durch den Mond stattfindet. (Sonnenfinsterniss; richtiger Erdfinsterniss genannt) (cf. das Nähere in §. 16).

Aus der Fig. 8 in Verbindung mit Fig. 1 sieht man, dass der Stellung nach nur um die Zeit des Vollmondes eine Mondfinsterniss und nur um die Zeit des Neumondes eine Sonnen-Finsterniss möglich ist. Beiden übrigen in Fig. 1 gezeichneten Stellungen des Mondes werfen Erde und Mond ihre Schatten in den Himmelsraum, ohne dass einer dieser Körper davon getroffen wird, und wir können dann von diesen Schattenwürfen nichts bemerken. Aber nicht bei jedem Vollmondetritt — wie die Erfahrung lehrt — eine Mondfinsterniss ein, und

nicht bei jedem Neumonde ist eine Sonnenfinsterniss bemerklich. Diese Phänomene sind, wie eben gesagt, allerdings nur um diese Zeiten möglich, aber nothwendig sind sie dann nur unter einem besonderen, gleich zu erörternden Verhältnisse.

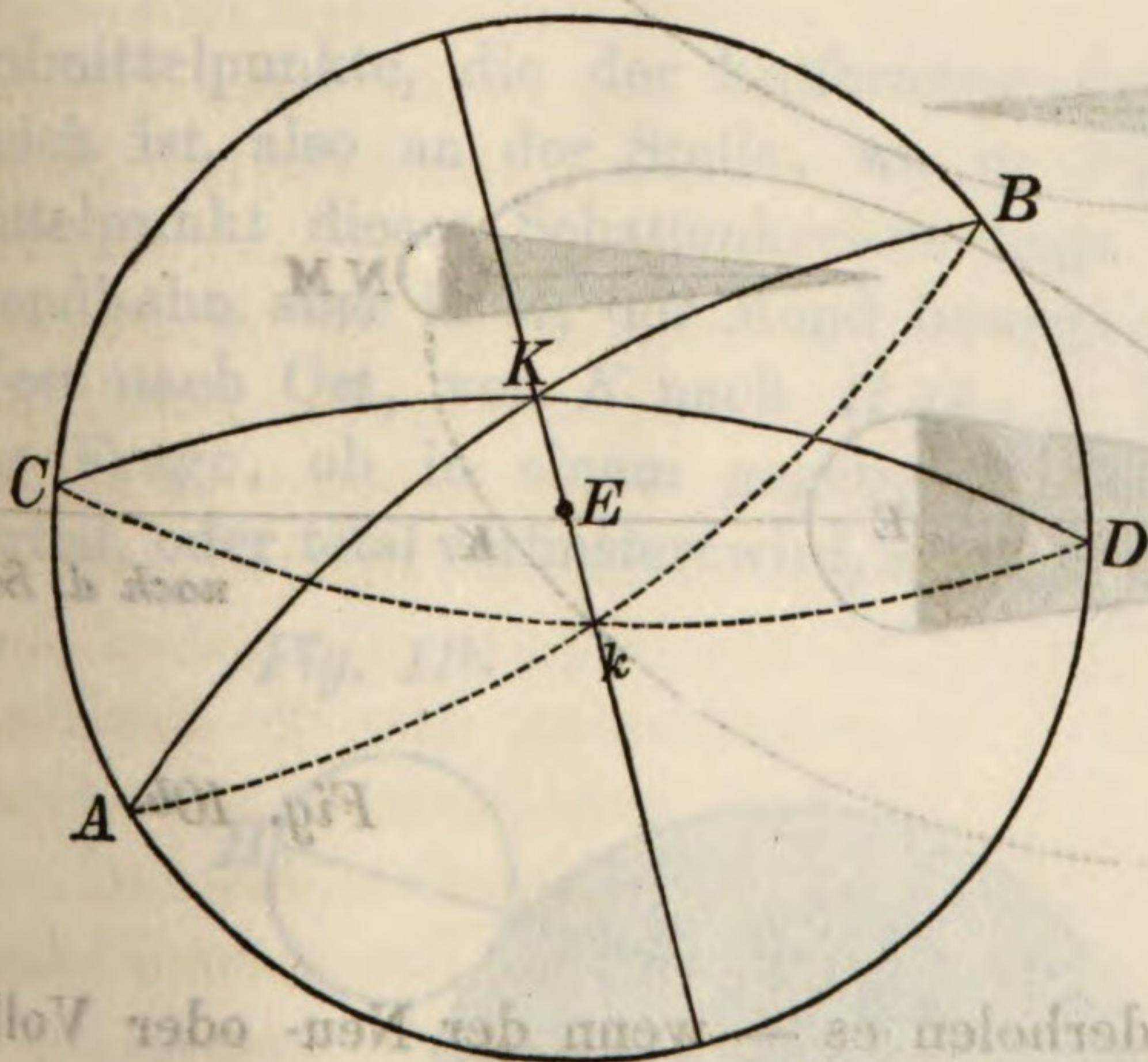
§. 11.

Wenn nämlich die Ebene der Bahn, welche der Mond um die Erde beschreibt, mit der Ebene derjenigen Bahn allenthalben zusammen fiel, welche die Erde um die Sonne beschreibt, also beide Ebenen durchaus in der nämlichen Fläche, z. B. des bei *Fig. 8* uns vorliegenden Papiers lägen, so würde allerdings in jedem Monate eine Mondfinsterniss bei Vollmond, und eine Sonnenfinsterniss bei Neumond nothwendig werden. Allein dies völlige Zusammenfallen der Ebenen findet bei jenen Bahnen nicht statt. Diese Ebenen sind vielmehr um einen Winkel von etwas mehr als 5 Grad gegen einander geneigt. Es deute daher in *Fig. 9* die Ebene $CkDK$ diejenige Fläche an, in welcher die scheinbare Bewegung der Sonne um die Erde im Laufe des Jahres vor sich geht; dagegen sei $AkBK$ die Ebene, in welcher sich

der Mond im Laufe des Monats um die Erde bewegt, (wobei man sich beide Ebenen bis an den Himmel verlängert denkt und die Erde selbst in E), so fallen offenbar beide Ebenen nur in den Punkten Kk und in der diese Punkte verbindenden geraden Linie KEk zusammen.

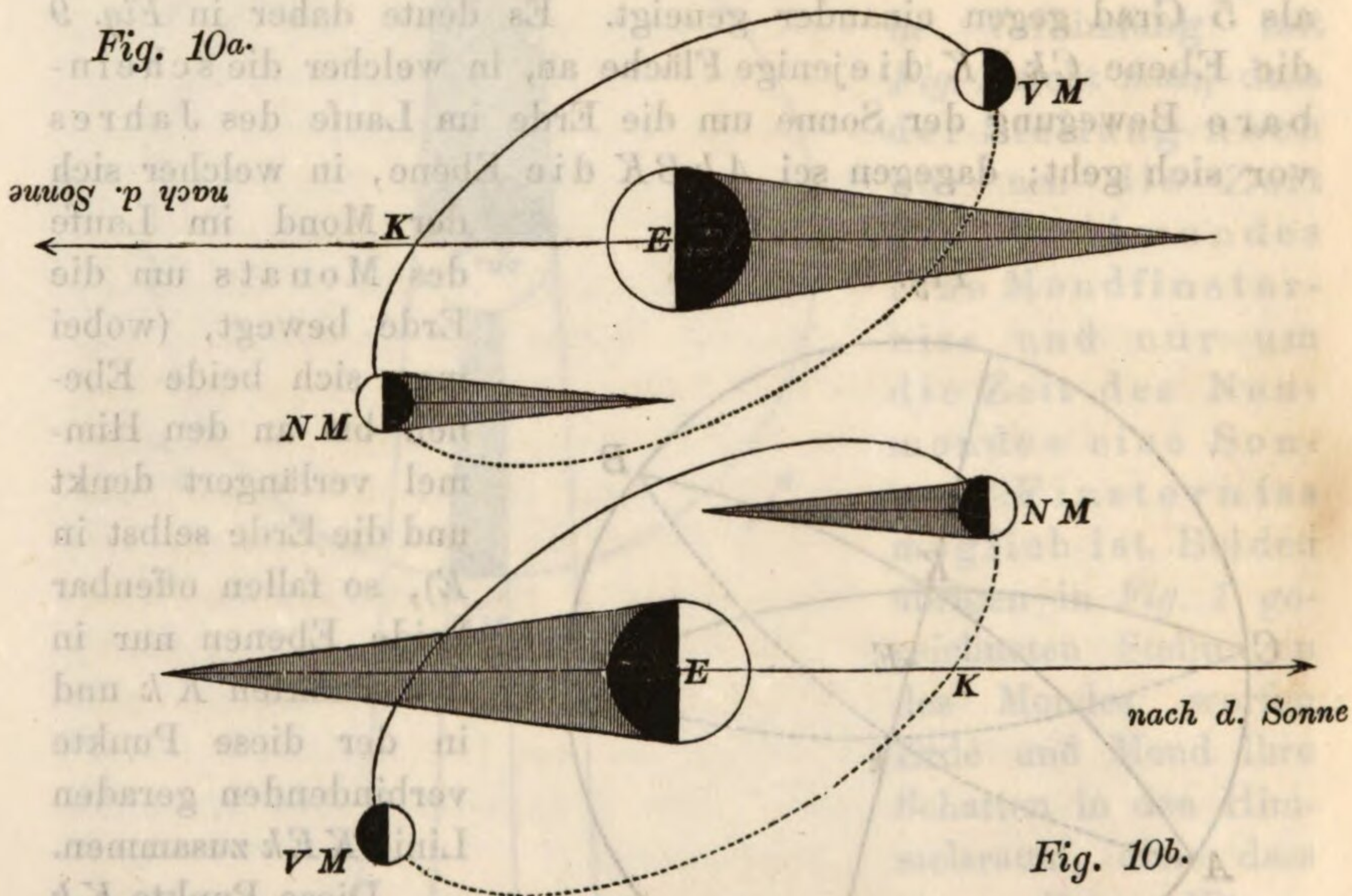
Diese Punkte Kk nennt man die Knotenpunkte*) und die sie verbindende Linie die Knotenlinie. Die Fin-

Fig. 9.



*) Die Ebene $CkDK$, in welcher die Sonne sich im Laufe des Jahres scheinbar um die Erde bewegt, nennt man die Ebene der Ekliptik, abgeleitet von dem griechischen Worte „Ekleipsis“, d. h. Verfinsternung, da nur in der Nähe dieser Ebene die Finsternisse vor sich gehen. Der Knotenpunkt, nach dessen Passirung der Mond sich nördlich über die Ekliptik erhebt, heisst der aufsteigende Knoten, der andere der niedersteigende Knoten.

sternisse können daher nur dann eintreten, wenn der Neu- oder Vollmond an einer Stelle der Bahn (vergleiche das in §. 3 Gezeigte) eintrifft, wo er zugleich im Knoten selbst, oder doch diesem Knoten sehr nahe steht. Bei den übrigen Neu- und Vollmondszeiten steht der Mond zwar ebenfalls in der am Schlusse des §. 1 gedachten Ebene, aber in dieser Ebene stehen dann die Mittelpunkte der Sonne, des Mondes und der Erde nicht in einer geraden oder doch nahezu geraden Linie. Es wird also dann, von der Sonne aus gesehen, der Mond entweder höher oder tiefer wie die Erde zu stehen scheinen, und der Erdschatten fällt beim Vollmonde vorbei, sowie der Neumondschatten bei der Erde vorbei in den Raum, ohne aufgefangen zu werden. Die *Figg. 10a* und *10b* werden dies so deutlich machen, als es ohne Modell geschehen kann.



Also nur — wir wiederholen es — wenn der Neu- oder Vollmond zugleich in der Knotenlinie, oder doch in grosser Nähe derselben steht, kann eine Finsterniss eintreten.

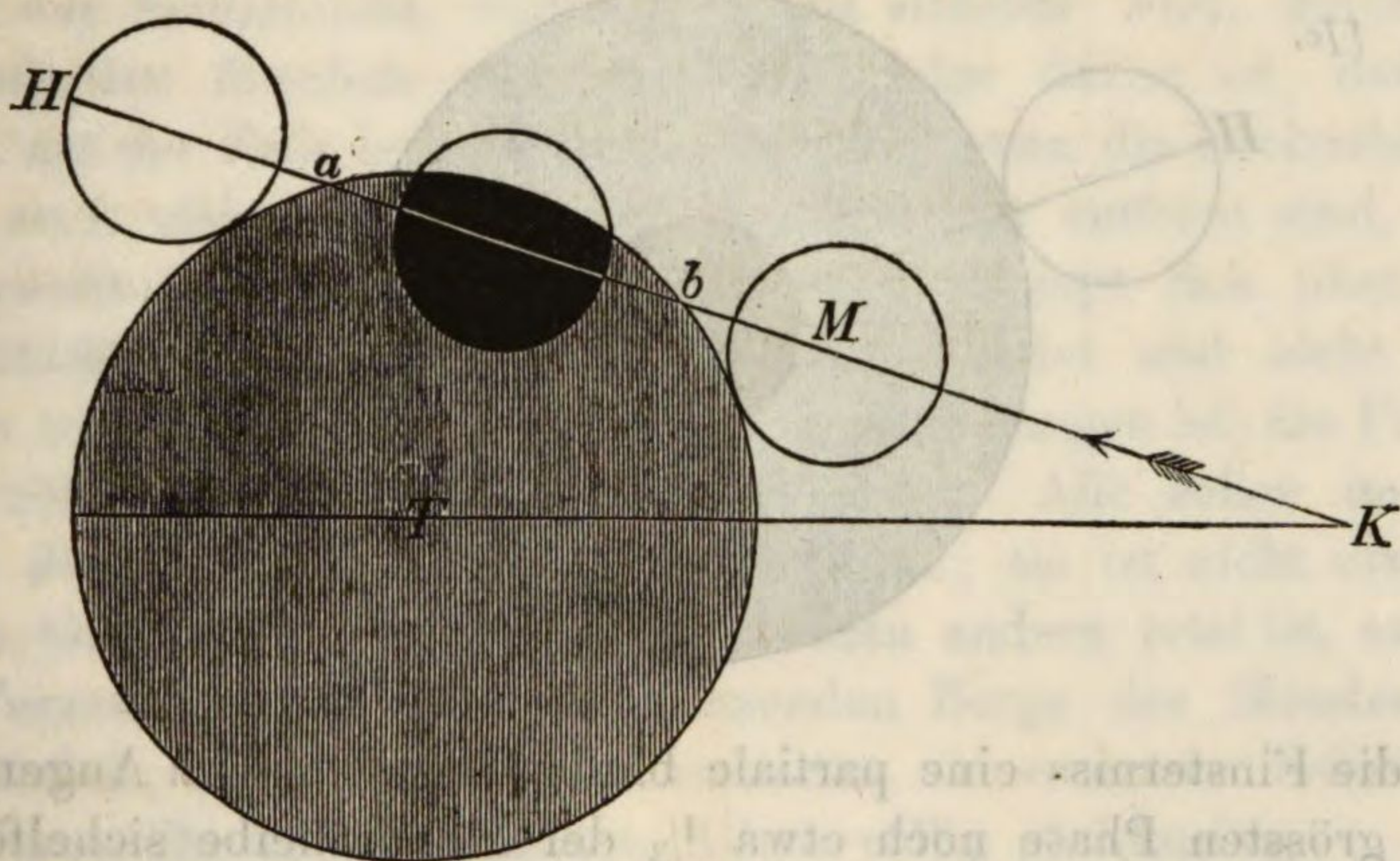
§. 12.

Was nun zunächst die Mondfinsterniss betrifft, so wird dieselbe total erscheinen, wenn der Lage der Bahn nach die ganze

Mondscheibe successiv in den Erdschatten eingetaucht wird, partial aber, wenn ein Theil der Mondscheibe nicht vom Erdschatten erreicht wird.

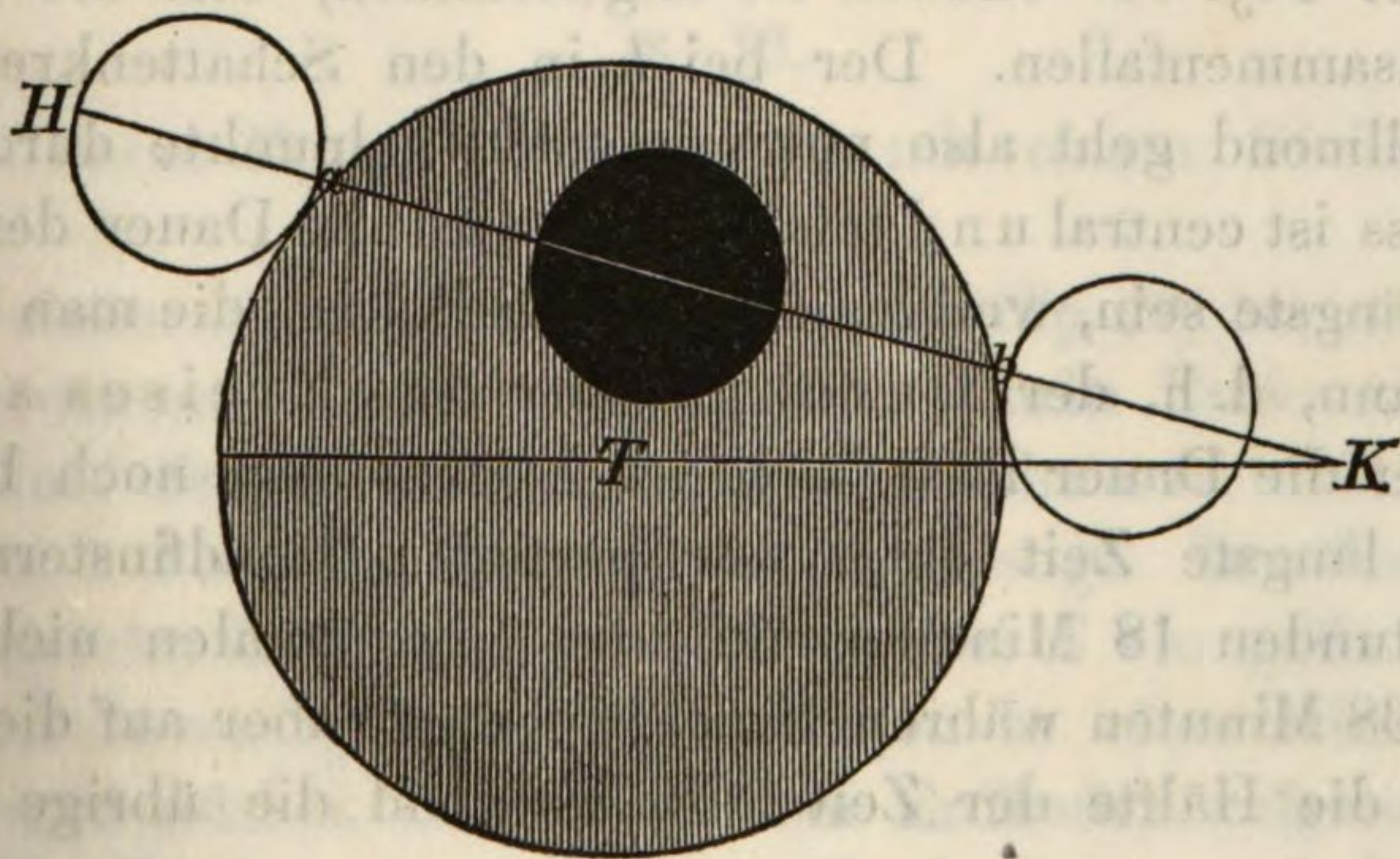
Die *Figuren 11a*, *11b* und *11c* erläutern dies näher. Es bedeutet darin der grosse schraffierte Kreis den Durchschnitt des zuckerhutförmigen Erd-Schattens in einer Entfernung vom

Fig. 11a.



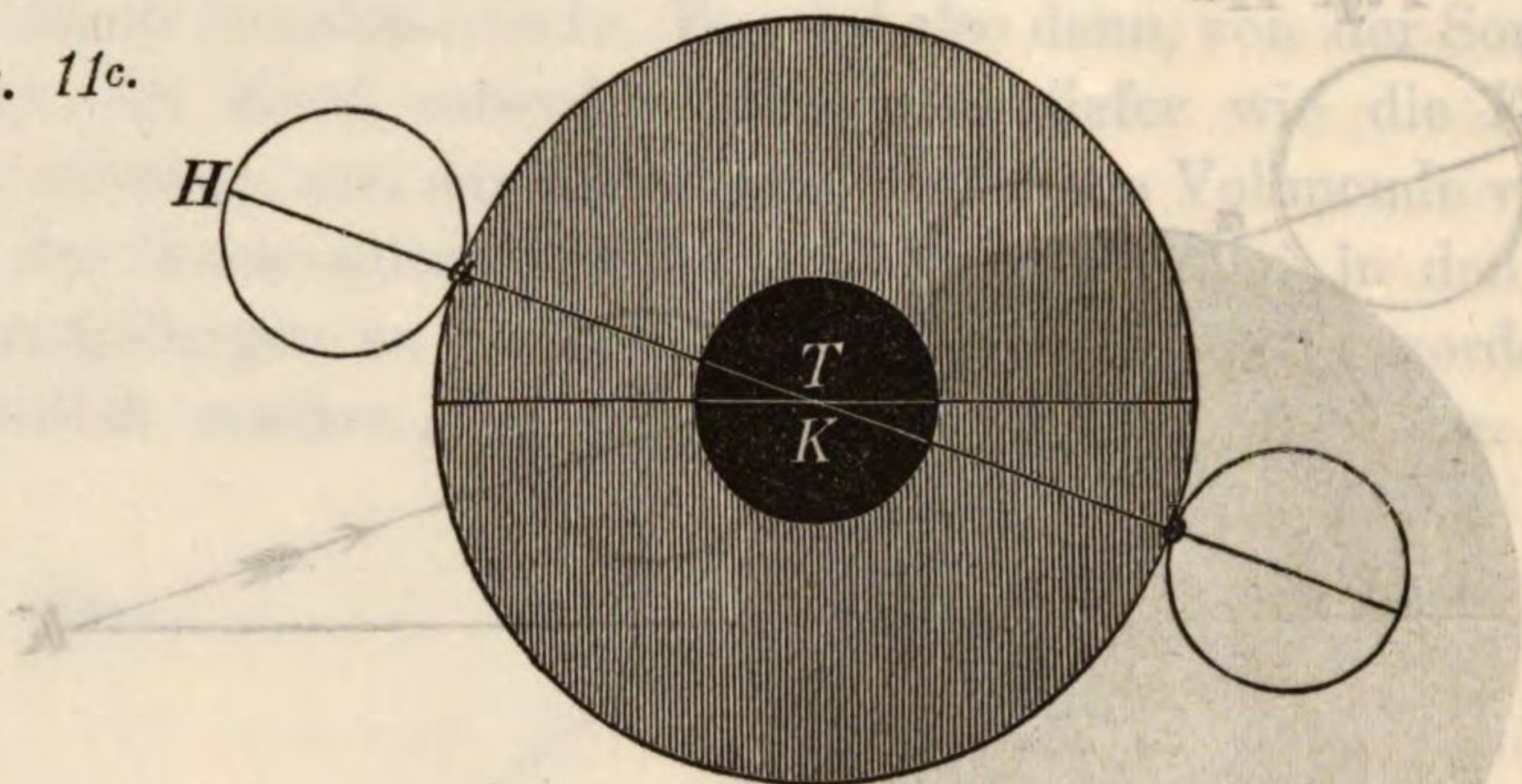
Erdmittelpunkte, die der Entfernung des Mondes von der Erde gleich ist, also an der Stelle, wo in *Fig. 8* (*VM*) steht. Der Mittelpunkt dieses Schattenkreises liege in *T*, der Knoten der Mondbahn aber in *K*, der Mond bewege sich in dieser Bahn von West nach Ost, von *K* nach *H* zu, so hängt die Beantwortung der Frage, ob in einem gegebenen Falle der Mond gar nicht, partial, oder total verfinstert wird, sowie die Dauer der partialen resp.

Fig. 11b.



totalen Finsterniss (wie die Figuren zeigen) hauptsächlich von der Länge der Linie Tk ab (vergl. §. 16). Der Winkel bei k bleibt in allen Fällen gleich. Würde also Tk noch bedeutend länger genommen, als es in *Fig. 11a* gezeichnet ist, z. B. gleich $T(k^1)$ gesetzt, so würde der Vollmond den viel zu weit von ihm abstehenden Erdschatten gar nicht erreichen. In *Fig. 11a* sieht man,

Fig. 11c.



dass die Finsterniss eine partiale bleibt und selbst im Augenblick ihrer grössten Phase noch etwa $\frac{1}{3}$ der Mondscheibe sichelförmig über den Schattenrand hervorragt. Auch wird die Dauer dieser partialen Finsterniss eine verhältnissmässig kurze sein, da dem Mondmittelpunkte nur die kurze Sehne $a b$ behuf seines Durchganges zur Disposition steht.

In der *Fig. 11b* ist Linie Tk erheblich kürzer wie in *11a*. Es wird zwar keine centrale, aber doch eine totale Finsterniss eintreten und letztere wird zu ihrem Verlaufe schon mehr Zeit in Anspruch nehmen, als die vorige, da hier die Sehne ba länger ist als in der vorigen Figur.

In der *Fig. 11c* endlich ist angenommen, dass die Punkte T und k zusammenfallen. Der bei b in den Schattenkreis eintretende Vollmond geht also mit seinem Mittelpunkt durch T ; die Finsterniss ist central und total. Auch wird die Dauer der Finsterniss die längste sein, weil ba die grösste Sehne, die man im Kreise ziehen kann, d. h. der Durchmesser des Kreises selbst ist.

Ueber die Dauer lässt sich im Allgemeinen noch bemerken, dass die längste Zeit einer nur partialen Mondfinsterniss nicht über 2 Stunden 18 Minuten und die einer totalen nicht über 4 Stunden 38 Minuten währen kann, wo dann aber auf die Totalität nur etwa die Hälfte der Zeit fällt, während die übrige Zeit von

der, der Totalität vorhergehenden und ihr nachfolgenden Partial-Finsterniss in Anspruch genommen wird.

Zugleich wird hier der passendste Ort sein, auf eine wichtige Thatsache aufmerksam zu machen, die den charakteristischen Unterschied zwischen der Mondfinsterniss und der Sonnenfinsterniss feststellt. Bei der Mondfinsterniss findet eine wirkliche Lichtberaubung statt, denn dem Monde wird das Sonnenlicht, wodurch er uns sichtbar wird, durch den Erdschatten förmlich entzogen. Die Folge davon ist, dass für alle auf der Erde befindliche Beobachter, wenn die Beobachtungsorte auch viele hundert Meilen von einander entfernt sind, (vorausgesetzt natürlich, dass der Mond überhaupt sich über dem Gesichtskreise des Beobachtungsortes befindet und nicht etwa schon untergegangen oder noch nicht aufgegangen ist) die Finsterniss völlig gleichzeitig beginnt und endet. Alle sehen im Verlaufe des Phänomens stets dieselbe Phase; sie ist nicht etwa für einen Ort partial, während sie für einen andern total ist, und die im Fernrohre sichtbaren hellglänzenden Berge des Mondes verschwinden, wenn der Erdkernschatten sie successiv erfasst und gleichsam ihr Licht auspustet, Allem völlig gleichzeitig.

Ganz anders ist der Vorgang bei der Sonnenfinsterniss. Hier kann für einen Erdort die Finsterniss total erscheinen, während für einen wenige Meilen weiter belegenen zweiten Erdort nur eine partiale stattfindet, und für einen dritten Ort, obgleich auch er die Sonne über seinem Horizonte hat, an der letzteren nicht eine Spur von Finsterniss bemerklich wird.

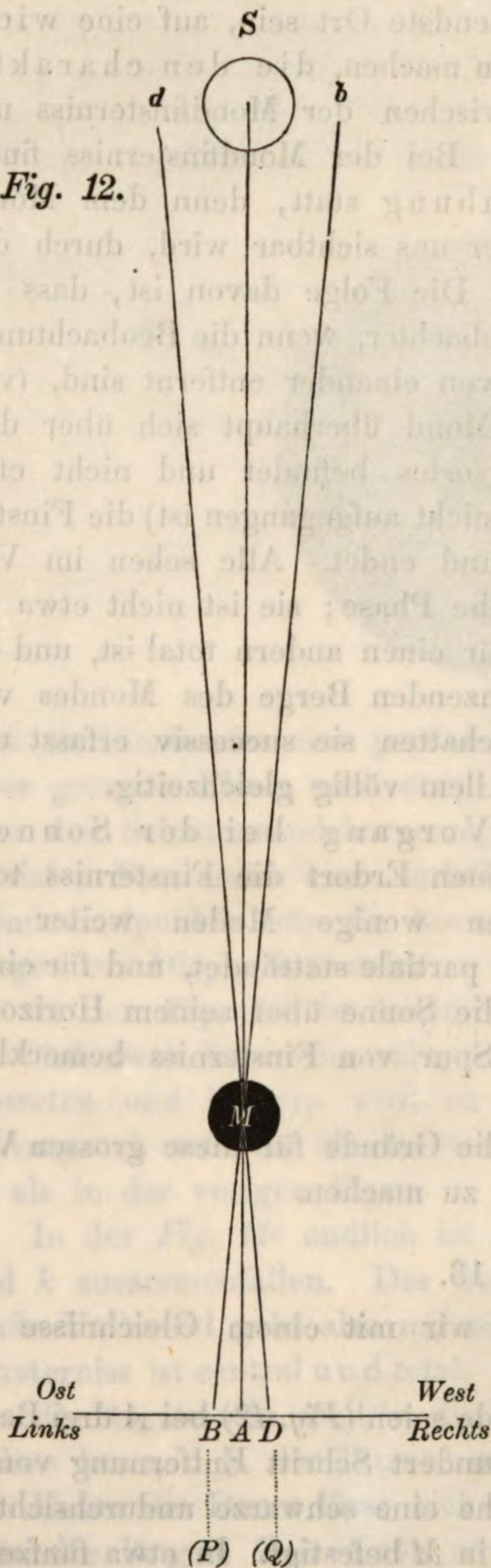
Wir wollen uns bemühen, die Gründe für diese grossen Verschiedenheiten recht anschaulich zu machen.

§. 13.

Zu diesem Zwecke wollen wir mit einem Gleichnisse beginnen.

Auf einem ebenen freien Felde seien (*Fig. 12*) bei *A* drei Beobachter versammelt. In etwa hundert Schritt Entfernung von *A* sei auf einer Stange in Mannshöhe eine schwarze undurchsichtige Kugel von 3 Fuss Durchmesser in *M* befestigt. In etwa fünfzehnhundert Schritt Entfernung von *A* sei bei *S* ein gelber transparenter und inwendig erleuchteter Ballon in einer solchen Grösse und in einer solchen Höhe über dem Erdboden aufgezogen, dass für die im Punkte *A* vereinigten Beobachter und für die Ge-

Fig. 12.



sichtslinie *AMS* die schwarze Kugel in *M* den Ballon gänzlich verdeckt. Nun soll sich ein Beobachter einige Schritte rechts nach *D* hinbegeben, ein zweiter geht ebensoweit links nach *B* und der dritte bleibt in *A*. Jetzt wird offenbar der Beobachter in *D*, dessen Gesichtslinie nach dem Mittelpunkt *M* gerichtet ist, die schwarze Kugel links bei *d* zu sehen glauben, ihr rechter Rand berührt vielleicht eben noch den linken Rand des gelben Ballons, dieser selbst aber ist ihm in seiner völligen Erleuchtung sichtbar. Ganz ähnlich, (nur nach einer anderen Richtung), ergeht es dem Beobachter bei *B* mit der Gesichtslinie *BMb*. Wenn die detachirten Beobachter auf halbem Wege zwischen *AB* und *AD* stehen geblieben wären, oder hier noch 2 weitere Beobachter aufgestellt wären, so würde durch die Kugel der transparente Ballon ihnen theilweise verdeckt werden und nur noch in Form einer Sichel für sie erscheinen. Bestiege man aber eine im Punkte *A* befindliche Wendeltreppe, so würde die nahe Kugel *M* sofort sich zu senken scheinen, und über ihr der gelbe Ballon sichtbar werden, während wenn jene Treppe bei *A* etwas in den Erdboden hinabführte, *M* zu steigen schiene und auch dadurch *S* wieder erschiene. Dreht man die Fig. 12 seitwärts, so würde alsdann *D* den Beobachter

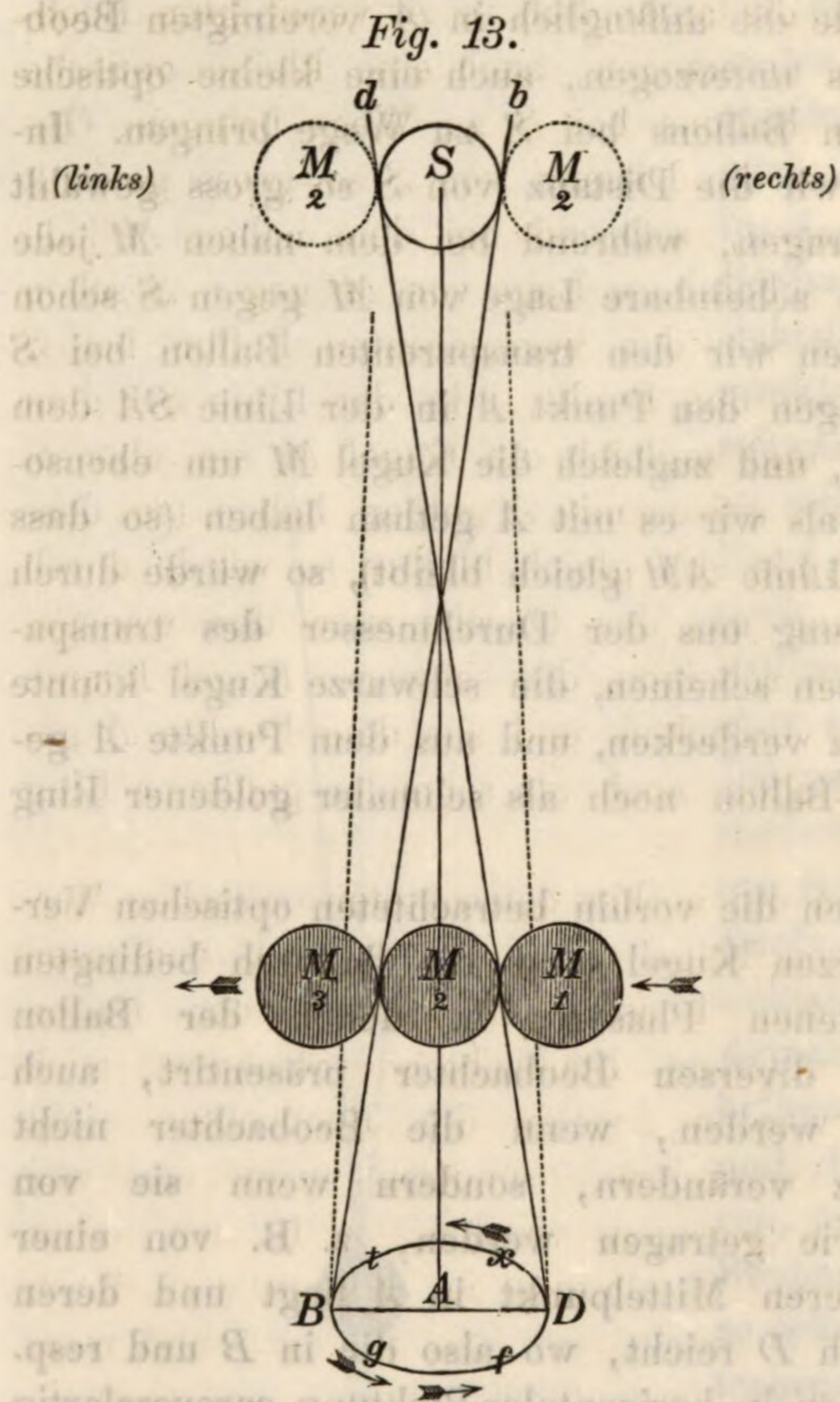
vorstellen, der emporgestiegen (wir wollen ihn in dieser Position Q nennen), und B den, der hinabgestiegen (er möge jetzt P heissen). Der Strenge nach werden allerdings die Ortsveränderungen, denen sich in unserem Beispiele die anfänglich in A vereinigten Beobachter auf unser Geheiss unterzogen, auch eine kleine optische Verschiebung des fernen Ballons bei S zu Wege bringen. Indessen kann diese, da wir die Distanz von S so gross gewählt haben, nur wenig austragen, während bei dem nahen M jede kleine Ortsänderung die scheinbare Lage von M gegen S schon merklich afficirt. Würden wir den transparenten Ballon bei S lassen, wo er ist, dagegen den Punkt A in der Linie SA dem Punkte S näher bringen, und zugleich die Kugel M um ebensoviel nach S hinsetzen, als wir es mit A gethan haben (so dass sich also die Länge der Linie AM gleich bleibt), so würde durch diese grössere Annäherung uns der Durchmesser des transparenten Ballons zu wachsen scheinen, die schwarze Kugel könnte ihn uns nicht mehr ganz verdecken, und aus dem Punkte A gesehen, würde uns der Ballon noch als schmaler goldener Ring sichtbar bleiben.

Offenbar aber können die vorhin betrachteten optischen Verschiebungen der schwarzen Kugel und die dadurch bedingten gleichzeitigen verschiedenen Phasen, in denen der Ballon sich dem Blicke der diversen Beobachter präsentiert, auch dadurch hervorgerufen werden, wenn die Beobachter nicht selbstthätig ihren Platz verändern, sondern wenn sie von irgend einer Maschinerie getragen werden, z. B. von einer grossen Drehscheibe, deren Mittelpunkt in A liegt und deren Durchmesser von B nach D reicht, wo also die in B und resp. D befindlichen Beobachter in horizontaler Richtung carousselartig ihren Platz verändern; oder wenn sie ihre Sitze in einer s. g. russischen Schaukel nehmen, deren Drehungsaxe ebenfalls in A liegt, und wo sie dann bald höher bald niedriger als A schweben; oder wenn man sich ein schräges Mittelding zwischen Caroussel und Schaukel denken will, das mithin gleichzeitig eine theils wagerechte, theils senkrechte Bewegung erzeugt.

§. 14.

Bislang haben wir uns nur die Beobachter in Bewegung gedacht, dagegen die Kugel in M als ruhend vorgestellt. Geben wir jetzt der schwarzen Kugel ebenfalls eine Eigenbewegung und lassen sie von rechts nach links in ihrem vorigen Ab-

stande von A und ihrer vorigen Höhe über der Fläche des Feldes hinschweben. Hier seien in *Fig. 13* (während die übrigen Bezeichnungen dieselben sind,



wie bei *Fig. 12*) M^1 , M^2 , M^3 die wahren Orte im Raume, die die Kugel M successiv einnimmt. Wenn die letztere in M^1 sich befindet, sieht D bereits den Ballon angeschnitten, A sieht denselben noch völlig frei; während des allmäligen Uebergangs aus M^1 nach M^2 tritt für D die völlige Verdeckung des Ballons in einem Augenblicke ein, wo A noch immer einen Theil davon leuchten sieht und wo für B noch das Ganze hell ist. Ist die Kugel in M^2 angekommen, so endet die Verdeckung des Ballons für D , denn seine Gesichtslinie führt den rechten Rand von M^2 oben nach d , an den linken Rand von S . Zugleich sieht A den ganzen Ballon verdeckt, während für B (dessen Gesichtslinie den linken Rand von M^2 oben rechts von S nach b versetzt) die erste Spur der Verdunkelung des Ballons eben beginnt. Während des nun folgenden Uebertritts der Kugel in Stellung M^3 wird ungefähr auf halbem Wege zwischen 2 und 3 die Verdeckung für B vollständig, für A endet sie zugleich, und B wird, nachdem M^3 erreicht und überschritten, von allen Beobachtern zuletzt den Augenblick zu notiren haben, wo die letzte optische Berührung des Kugelrandes mit dem Ballonrande eintritt.

Denken wir uns nun für die Zeit, wo M von rechts nach

links vorüberschwebt, auch die vorhin erwähnte Drehscheibe (deren Durchmesser die Linie BD ist) carousselartig in derselben Direction in langsame Bewegung gesetzt, so wird von dieser Drehung A gar nicht afficirt, und er sieht den ganzen Vorgang der Verdeckung des Ballons von der Kugel völlig in derselben Phase und in demselben Zeitmomente, wie vorhin; anders aber verhält es sich mit den Punkten D und B der Drehscheibe. Der Punkt D wird in der Zwischenzeit in der Richtung des Pfeils nach x versetzt, und dies hat für ihn optisch die Wirkung, als ob er sich auf dem Feldwege zwischen A und D allmählig etwas näher zu A begeben hätte. Für D wird daher hiedurch die Dauer der Verdeckung des Ballons verlängert und er sieht den völligen Austritt von M später als er sonst gethan haben würde. Für den Punkt B findet, da er während des Phänomens nach g zu versetzt wird, das Gegentheil statt, und für ihn wird, da er in entgegengesetzter Richtung sich bewegt, die Dauer der Verdeckung verkürzt, so dass er den Austritt verhältnissmässig früher sieht. (Analoges gilt für die Punkte t und f .)

Wie ist es aber in dieser ganzen Zeit den Beobachtern Q und P ergangen, die wir (im §. 13) die Wendeltreppe hinauf- und resp. hinabgeschickt hatten? — Sie haben von der ganzen Verdeckung des Ballons gar nichts bemerkt, sondern ihn fortwährend leuchten sehen, denn für ihre Gesichtslinie ist die schwarze Kugel resp. zu niedrig und zu hoch horizontal vorüberschwebt. Wären indessen Q und P auf ihren halben Wegen (resp. nach oben und nach unten) stehen geblieben, so würden sie allerdings jeder den Ballon etwa zur Hälfte durch die Kugel verdunkelt gesehen haben, und zwar Q (der hinauf gestiegen) die untere Ballonhälfte; P die obere. — Hätten sie statt auf einer Treppe sich zu befinden, die sich entgegengesetzten Schlitten der russischen Schaukel eingenommen, oder des vorher erwähnten Mitteldings zwischen Schaukel und Caroussel, so würde sich ihr Antheil, den sie an der Beobachtung der Ballon-Verdeckung durch M hätten nehmen können, ihrer Bewegungsrichtung gemäss modificiren.

Noch mehr aber wird sich die Scene ändern, wenn die schwarze Kugel nicht — wie wir bisher angenommen haben — in horizontaler Richtung parallel mit der Fläche des Feldes vorüberschwebt, sondern in etwas schräger Richtung steigend (man sehe sich hierbei *Fig. 11* an) oder sinkend vorbeigeführt wird, während ausserdem die Caroussel-Schaukel im Gange er-

halten wird. Nur der *eine* Beobachter im Mittelpunkte *A* wird auch von der Caroussel-Schaukel gar nicht afficirt, und er kann daher die für ihn lediglich von der Eigenbewegung der Kugel *M* abhängenden Verdeckungs Momente des Ballons ganz rein auffassen. Die übrigen Beobachter sehen wegen ihrer verschiedenen Entfernung von einander, und wegen ihrer Bewegung um *A*, ein Jeder nach seiner besonderen Lage die Sache anders, und vermögen deshalb auch die Eigenbewegung der Kugel *M* zunächst nur in einer entstellten Weise aufzufassen, und zwar entstellt durch die vorhin dargelegten, rein optischen und daher nicht reellen Verschiebungen. Aus ihren Wahrnehmungen ist daher ein unmittelbarer Schluss auf die wirkliche Raumbewegung der Kugel *M* noch nicht gestattet, sondern es muss dann zuvor durch rechnermässige Inbetrachtung das bloß Optische von dem Reellen getrennt werden. (Vergleiche §. 39.)

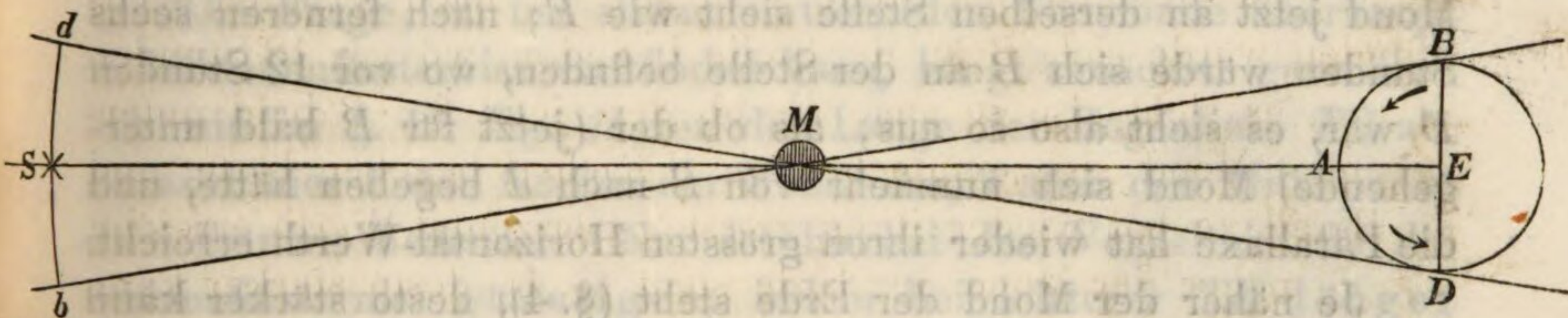
§. 15.

Hoffentlich wird jeder Leser aus dem Gleichnisse der beiden vorigen Paragraphen — wobei *M* den Neumond, der uns seine dunkle Kugelhälfte zukehrt, und der Ballon *S* die Sonne bedeutet — unsere Behauptung am Ende des §. 12 gerechtfertigt finden. *A* stellt darin den Mittelpunkt der um sich selbst rotirenden Erde vor, für deren Oberflächen-Bewohner dann noch gilt, dass für die Polargegenden der Erde, die scheinbare Bewegung des Himmelsfirmamentes durch das Caroussel, für die Aequator-Gegend durch die russische Schaukel, und für die Bewohner zwischen Pol und Aequator durch das Compositum zwischen beiden vertreten wird.

Um nun eine Idee davon zu geben, um wie viel sich denn der Mond in seiner Lage gegen die Fixsterne des Himmels an verschiedenen Stellen des letzteren gleichzeitig präsentiren kann für 3 von einander sehr entfernte Beobachter, die ihn in demselben Augenblicke observiren, wollen wir uns von folgender Betrachtung leiten lassen. — Die grösste Distanz, die 2 Erdbewohner von einander einnehmen können, wird offenbar dann erreicht und kann nicht überschritten werden, sobald sich dieselben an 2 einander entgegengesetzten Punkten des Erdäquators befinden. Nehmen wir einen Globus zur Hand und versetzen den Beobachter *B* ungefähr an die Mündung des Amazonenstromes in Südamerika, den Beobachter *D* aber schicken wir nach der Insel Sumatra in die Nähe der südlichsten Spitze von Asien.

Beide sind jetzt fast *) um den Durchmesser der Erde räumlich von einander getrennt, denn die circa 2000 Meilen, die man, weil man nicht durch die Erde hindurch kann, oben auf dem Erdoberflächen-Umfange reisen muss, um von dem einen der gedachten Orte nach dem anderen zu gelangen, stehen für B und D nicht in Frage. Ein dritter Beobachter A befinde sich auf etwa der Hälfte dieses 2000 Meilen langen Weges ebenfalls auf dem Aequator an der Küste des Meerbusens von Guinea in Afrika. Zeichnen wir jetzt die *Fig. 6* (§. 7) in *Fig. 14* etwas verändert.

Fig. 14.



Hier sollen B und D den Mond noch gleichzeitig über ihrem Horizonte haben. Für B ist er noch nicht lange aufgegangen; für D wird er bald untergehen. A hat den Mond an der höchsten Stelle des Himmels über sich (im sog. Zenith) und sieht den Mond genau in demselben Punkte, wo, falls man einen Beobachter im Mittelpunkte der Erde (E) (der also an der Rotation nicht Theil nimmt) sich denken will, dieser E ihn erblicken würde. Für A und E wird der in unendlicher Entfernung stehende Fixstern S vom Monde verdeckt**). B aber versetzt den der Erde so nahen Mond unter den Stern nach b ; D denselben mit seiner Gesichtslinie nach d . Für beide steht der Mond neben dem (für A verdeckten) Stern klar am Himmel, aber an entgegengesetzten Seiten des Sterns. Messen daher mit einem geeigneten Winkel-Instrumente und in demselben Augenblicke, B : den Bogen bS , und D : den Bogen dS , so hat man aus der Vergleichung beider Beobachtungen das Material für den verlangten grössten Mond-Stellungs-

*) Denn ganz dürfen sie es zu dem beabsichtigten Zwecke nicht sein, weil sie sonst den Mond nicht gleichzeitig über den Horizont hätten.

**) Im Verhältniss zu der unendlichen Entfernung des Fixsterns ist die ganze Erde nur als ein untheilbarer Punkt anzusehen, wo also der ganze Durchmesser BD so gut als gar nicht existirt. Die etwa in Gedanken zu ziehenden Linien SD und SB sind daher von der Linie SAE gar nicht verschieden.

Unterschied im Vergleich zum Mittelpunkte der Erde. Diesen Unterschied bezeichnet man mit dem Kunstworte „Parallaxe“ *). Ständen daher der Stern, der Mond und die Erde stets genau in der Linie SME unveränderlich fest, und die Erde hätte keine Bewegung im Raume, sondern nur die Drehung um sich selbst (man lese §. 2 im Anfange), so würde der Mond wie ein mächtiges Pendel hin und her zu schwingen scheinen, denn die Rotation der Erde führt B in 6 Stunden an die Stelle, wo sich vorher A befand, der Mond ist also dem B jetzt im Zenith und ausserdem optisch von b nach S hingelaufen; der Stern wird bedeckt, und die Parallaxe für B ist verschwunden, da er den Mond jetzt an derselben Stelle sieht wie E ; nach ferneren sechs Stunden würde sich B an der Stelle befinden, wo vor 12 Stunden D war, es sieht also so aus, als ob der (jetzt für B bald untergehende) Mond sich nunmehr von S nach d begeben hätte, und die Parallaxe hat wieder ihren grössten Horizontal-Werth erreicht.

Je näher der Mond der Erde steht (§. 4), desto stärker kann die Parallaxe werden und man hat durch eine ähnliche, wie die oben beschriebene Operation gefunden, dass dieselbe in mittlerer Entfernung des Mondes 57 Minuten und in kleinster Entfernung über 61 Minuten, also über einen ganzen Grad Horizontalwerth besitzt. Wir fanden oben (§. 6 am Ende) den scheinbaren Durchmesser des Mondes ungefähr einen halben Grad. Der Beobachter, der den Mond in der Nähe seines Horizontes hat, sieht also den Ort des Mondes um 2 Vollmondbreiten verschieden von dem gleichzeitigen Beobachter, dem der Mond im Zenith steht. Für den Beobachter, dem der Mond in der Mitte zwischen Horizont und Zenith erscheint, beträgt die Parallaxe noch immer über 40 Minuten, also mehr wie eine ganze Mondsbreite. Für den gelben Ballon (also die Sonne) deuteten wir in §. 13 bereits an, dass auch für sie eine kleine parallaxische Verschiebung stattfindet. Letztere beträgt aber bei ihrer im Vergleich zum Monde so ausserordentlich grossen Entfernung nur 8 u. $\frac{1}{2}$ Secunde im Horizonte und ist daher im Vergleich zur Mondparallaxe von 60 Minuten d. h. 3600 Secunden sehr unbedeutend.

Da nun während des Verlaufs der durch den Mond veran-

*) Jeder Anfänger in der Geometrie wird einsehen, wie leicht es ist, aus dem auf diese Weise gefundenen Winkel BME (da der Winkel BEM ein rechter, und die Seite BE [Halbmesser der Erdkugel] gegeben ist) die Seite BM , d. h. die Entfernung des Mondes von der Erde zu finden.

lassten Sonnenfinsterniss die Erhebung beider Gestirne über den Horizont des Beobachters (oder wie das Kunstwort lautet: die Höhe der Gestirne) sich in Folge der Erdrotation beständig ändert, so ändert sich auch die Parallaxenwirkung während der Dauer des Phänomens.

§. 16.

Durch die in den vorigen §§. enthaltenen Ausführungen werden wir in den Stand gesetzt sein, die wesentlichsten für den Verlauf einer Sonnenfinsterniss in Betracht kommenden Umstände einigermaßen zu würdigen.

Die Frage, ob bei einem eintretenden Neumonde überhaupt eine Sonnenfinsterniss stattfinden kann, hängt zunächst, ganz ähnlich wie im §. 12 *Fig. 11* von der Länge der Bogenlinie TK ab, wo auch hier K den Knoten der Mondbahn, T aber den Mittelpunkt der Sonne bedeutet. Nur ist hierbei das Verhältniss für die Sonnenfinsterniss günstiger, indem bei letzterer TK länger genommen werden kann, als bei der Mondfinsterniss. Zwar scheint nach *Fig. 11* das Gegentheil Statt zu finden, indem der dort vorkommende kreisförmige Durchschnitt des kegelförmigen Erdschattens etwa $2\frac{1}{2}$ mal grösser ausfällt, als der hindurchgehende Mond; wir uns aber jetzt, wo T den Mittelpunkt der Sonne bedeuten soll, den um T beschriebenen Sonnenumkreis nur ungefähr eben so gross zeichnen dürfen, als den Mond und es daher (indem auch hier der Winkel bei k ungeändert bleiben soll) so aussieht, als ob der Neumond schon bei geringerer Ausdehnung der Bogenlänge TK (*Fig. 11a.*) über die Sonne wegpässiren müsste, ohne uns etwas von seinem Schatten zu zeigen. Bestände die Erde nur aus einem Erdmittelpunkte, für welchen, wie wir gesehen haben, keine Parallaxe stattfindet, so würde jener Einwurf begründet sein. Allein die Erde ist kein Punkt, sondern eine 1719 Meilen Durchmesser haltende Kugel und der hierdurch bedingte Parallaxen-Effect ist so überwiegend gross, dass er sich eine bedeutendere Verlängerung der Linie TK gefallen lassen kann, ohne vernichtet zu werden *).

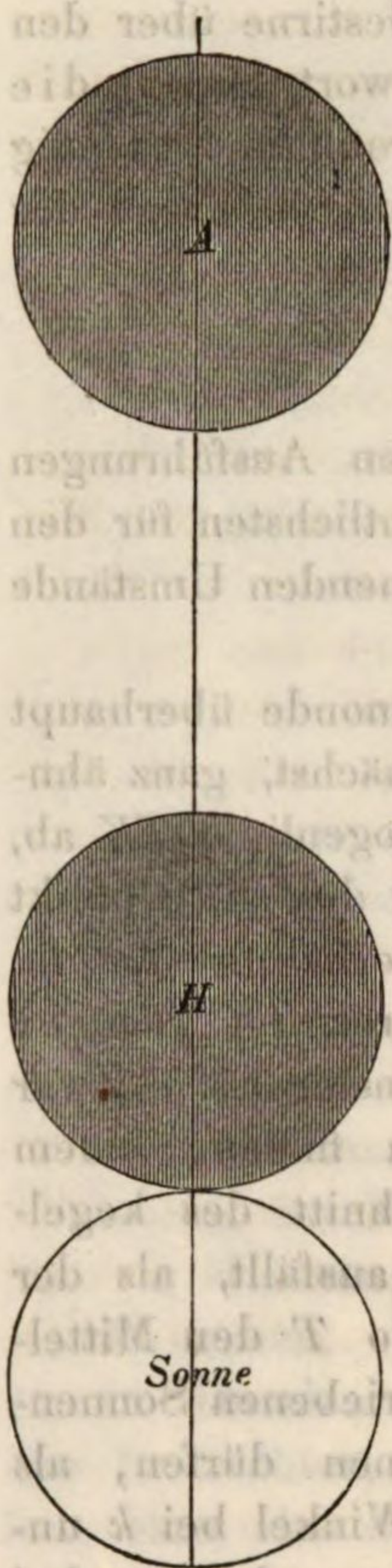
*) Ist bei der Sonne die Bogenlänge TK kleiner wie $130^{\circ} 33'$, so tritt nothwendig eine Sonnenfinsterniss ein.

Ist TK grösser wie $190^{\circ} 44'$, so ist die Sonnenfinsterniss unmöglich.

Ist beim Monde die Bogenlänge TK kleiner wie $70^{\circ} 47'$, so ist die Mondfinsterniss nothwendig.

Ist TK grösser wie $130^{\circ} 21'$, so ist die Mondfinsterniss unmöglich.

Fig. 15.



Die Folge dieses Umstandes ist es daher, dass Sonnenfinsternisse für die Erdoberfläche überhaupt und im Ganzen viel häufiger eintreten, als Mondfinsternisse, da den Sonnenfinsternissen erleichterte Bedingungen nachgelassen sind. Denn es sei (*Fig. 15*) *A* der Neumond in seinem Winkel-Abstande von der Sonne, wie dieser für den Erdmittelpunkt, also auch in *Fig. 14* für den Beobachter gilt, der den Neumond hoch im Zenith stehen hat. Wir ermittelten vorhin, dass durch die Parallaxe der Mond um 2 seiner Breiten für den Beobachter, der ihn ganz unten in der Nähe seines Horizontes hat, tiefer gesetzt erscheint. Dem Beobachter bei *B* (*Fig. 14*) präsentiert sich also der Neumond in *H* (*Fig. 15*) und schneidet eben den Sonnenrand noch etwas an. Für eine Mondfinsterniss kommt aber gar keine Parallaxe in Frage, denn sie ist eine wahre Lichtberaubung, deren Effect — wie schon erwähnt — allenthalben bemerklich wird, wo der Vollmond gesehen werden kann. Wollen wir in dem Gleichnisse §. 13 den transparenten innerlich erleuchteten Ballon für den Vollmond nehmen, so ist zwischen ihm und der Erde gar keine dort angenommene schwarze Kugel als eventuelles Sehhinderniss vorhanden, und die in *Fig. 12* geschilderten Beobachter *ABDPQ* mögen stehen, wo sie wollen, so wird ihnen der gelbe Ballon gleichzeitig verschwinden, sobald das darin befindliche Licht ausgeblasen wird. Der für die Mondfinsterniss zur Disposition stehende Spielraum von $2\frac{1}{2}$ Mond-durchmessern (*Fig. 11*) ist also für die Sonnenfinsterniss (*Fig. 15*) bedeutend durch die Parallaxe erweitert. Der Sonne wird dabei überhaupt kein Licht geraubt, sie hört inzwischen nicht auf zu leuchten, und wird uns nur durch einen dazwischen tretenden Körper verdeckt. Findet diese Verdeckung so statt, dass an einem Erdorte die Mittelpunkte der Sonne und des Neumondes in grader Linie mit dem Auge des dort befindlichen Beobachters erscheinen, so heisst es: die Finsterniss ist für diesen Ort central. Die centrale kann dann I. eine totale sein, wenn die Erde (und dadurch mit ihr der Mond) so weit von der Sonne entfernt und

zugleich der Mond der Erde so nahe ist, dass sein Kernschatten noch die Erdoberfläche erreicht oder in dieselbe gleichsam eindringt. Hier bildet sich dann ein Schattenkreis*), der zonenartig über Land und Meer dahin geführt wird. Alle in dieser Zone sich aufhaltenden Beobachter sehen die Finsterniss total**), und an beiden Seiten des Gürtels liegen die Orte, denen in Folge ihrer Parallaxe die Finsterniss nur partiell erscheint, oder weiterhin gar nicht.

Die Central-Finsterniss erhält aber II. den Namen ringförmige Finsterniss***), wenn die Kernschattenspitze des Neumondes die Erdkugel nicht erreicht [cf. §. 9 am Ende und §. 10, ferner §. 6 am Ende und §. 13 am Ende des vorletzten Absatzes]. Die Breite dieses vom Sonnenrande dann übrig bleibenden Ringes kann bis auf $1\frac{1}{2}$ Bogenminuten sich erstrecken, wenn die Erde (und dadurch mit ihr der Mond) der Sonne so nahe als möglich und der Neumond von der Erde so weit als möglich absteht. Dieser Ring wird für diejenigen Erdorte sichtbar, die in der Verlängerung der Schattenaxe liegen. (Die letzte für Europa sichtbare ringförmige Finsterniss ereignete sich am 15. März 1858 und war ringförmig z. B. in einem Theile von England, während sie für das nördliche Deutschland nur als partielle erschien.) Für die dicht daneben liegenden Zonen nimmt der Ring eine excentrische Gestalt an, die weiter hin befindlichen sehen nur Partielles resp. nichts.

§. 17.

Die Dauer der Sonnenfinsternisse anlangend, so können dieselben für die Erde überhaupt 4 bis 5 Stunden währen, d. h. von dem Augenblick, wo im Sinne des §. 14 und der *Fig. 13* gesprochen, *D* den ersten Anschnitt sieht, bis zu dem Zeitpunkte, wo für *B* die letzte Spur des dunkeln Mondrandes verschwindet. Die totale Sonnenfinsterniss ist dagegen für einen bestimmten Erdort nur von sehr kurzer Dauer, selten mehr wie 4 bis 5 Minuten (im allergünstigsten Falle und für den Aequator [theoretisch] 7 Minuten 58 Secunden), denn sowohl die Eigenbewegung

*) Dieser Kreis kann an den Aequatorgegenden des Erdkörpers nie eine grössere Breite als 30 Meilen erreichen; für die Polargegenden kann dagegen die Schattenbreite deshalb erheblich grösser sein, weil für die Polarländer in ihrer schrägen Lage das im §. 9 über das Oval Gesagte in Betracht kommt.

**) Bei einer genauen Feststellung der Totalitätsgrenze darf diejenige Vergrösserung des Monddurchmessers nicht vernachlässigt werden, deren Grund wir im §. 7 *Fig. 6* erörtert haben.

***) Ringförmige Mondfinsternisse können — wie aus §. 12 und *Fig. 11* ersichtlich — niemals Statt finden.

des Mondes, als die Rotation der Erde führen schon nach wenigen Minuten andere, als die anfänglich von dem Mondkernschatten getroffenen Punkte in diesen Schatten hinein. Die grösstmögliche Dauer des Ringes einer ringförmigen Sonnenfinsterniss ist etwa 12 Minuten und 24 Secunden.

Um für die verschiedenen Phasen der Sonnenfinsterniss eine Scala festzusetzen, hat man sich die Sonnenscheibe in 12 Theile eingetheilt gedacht, die man Zolle nennt; mithin wird eine Verfinsterung von 12 Zoll (oder mehr) eine totale sein, bei 8 Zoll wären nur $\frac{2}{3}$ der Sonne verfinstert u. s. w.

Wir fanden im vorigen Paragraphen, dass, für die gesammte Erdoberfläche im Allgemeinen genommen, Sonnenfinsternisse viel häufiger eintreten, als Mondfinsternisse. Dieser Satz ist indess nur in jener Einschränkung wahr. Für irgend einen bestimmten Erdort findet durchaus das Gegentheil statt, da, wenn der für ihn sichtbare Vollmond überhaupt verfinstert wird, er es auch für diesen Erdort — wie wir oben gesehen haben — nothwendig wird. Für denselben Ort sind daher selbst partielle Sonnenfinsternisse wegen der ins Spiel kommenden Parallaxenwirkung, und totale Sonnenfinsternisse insbesondere, wegen der geringen Breite der Totalitätszone, sehr viel seltener. So z. B. ist für London seit 20. März 1140 bis zum Jahre 1715, also in einem Zeitraume von 575 Jahren keine einzige totale Sonnenfinsterniss eingetreten. Für Paris ereignete sich im ganzen 18. Jahrhundert nur eine totale im Jahre 1724, im ganzen 19. Jahrhundert wird daselbst keine einzige total. Wien sah 1842 eine solche, die im nördlichen Deutschland nur partial war. Hannover und Berlin sehen vor dem 19. August 1887 keine totale Sonnenfinsterniss. Abgesehen von der am 18. Juli 1860 eintretenden Sonnenfinsterniss finden bis zum Ende des 18. Jahrhunderts nur noch folgende 5 totale Sonnenfinsternisse statt:

1861 December 31. Die Totalitätszone geht durch den atlantischen Ocean, die Sahara und das Mittelmeer.

1870 December 22. Die Totalitätszone geht durch die Azoren, Südspanien, Algier, Sicilien, Türkei.

1887 August 19. Die Totalitätszone geht durch Norddeutschland, Südrussland, Mittelasien.

1896 August 9. Die Totalitätszone geht durch Grönland, Lappland, Sibirien.

1900 Mai 28. Die Totalitätszone geht durch die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Spanien, Algier, Egypten.

§. 18.

Ueber die Wiederkehr der Finsterniss für einen bestimmten Erdort lässt sich durchaus nichts Allgemeines feststellen. Für die Erde im Ganzen kann man darüber allerdings eine, jedoch auch nur ungefähr zutreffende Regel geben. Wir haben bereits am Ende des §. 3 gesehen, welcher scheinbaren Fortrückung die Stellen am Himmel unterworfen sind, wo die Voll- und Neumonde eintreten, und haben (§. 11 [Fig. 9 u. 10] und §. 16) erörtert, welche Bedingungen durch das Erforderniss der Knotennähe für das Eintreten der Finsternisse gegeben sind. Falls nun die Knotenlinie *KEk* (Fig. 9) stets dieselbe Lage behielte, so würde die Sache dadurch sehr vereinfacht werden. Allein diese Knotenlinie besitzt — aus hier nicht zu erörternden Gründen — eine und zwar sehr rasche Bewegung von Ost nach West, und wird durch letztere schon in einer Zeit von etwas mehr als 18 Jahren durch den ganzen Kreis *CKDkC* herumgeführt. So kommt es, dass erst nach Verlauf von 223 Mondumläufen (à $29\frac{1}{2}$ Tage) die Finsternisse (für die Erde im Allgemeinen) nahe in derselben Ordnung und Grösse wiederkehren. Im Allgemeinen werden innerhalb dieses Zeitraumes 70 Finsternisse (wovon 29 Mond- und 41 Sonnenfinsternisse sind) eingetroffen sein. Die Zahl der Finsternisse innerhalb eines Jahres kann nie weniger wie zwei, und nie mehr wie sieben sein. Wenn nur zwei Finsternisse Statt finden, so sind sie nothwendig beide Sonnenfinsternisse.

§. 19.

Die Vorherberechnung der Finsternisse im Allgemeinen und für einen bestimmten Erdort insbesondere (vergl. §. 39) setzt nun begreiflich eine sehr genaue Kenntniss sowohl des Sonnenlaufs (richtiger Erdlaufs) als des Mondlaufs voraus. In noch viel grösserer Schärfe aber müssen die zu diesem Calcül erforderlichen Bahnelemente bekannt sein, wenn es darauf ankommt, durch Rückwärtsberechnung der aus vorchristlicher Periode uns gewordenen historischen Ueberlieferungen über Finsternisse, der chronologischen Forschung*) zu Hülfe zu kommen, und so durch Finsterniss gleichsam Licht zu schaffen, Licht für das geschichtliche Dunkel der grauen Vorzeit. Die allerkleinsten Ungenauigkeiten in den Bahnelementen, welche für Decennien noch Alles als (innerhalb der

*) Vergl. §. 22.

unvermeidlichen Beobachtungsfehler) zutreffend erscheinen lassen, müssen offenbar da, wo es sich um eine oft mehr als zweitausendjährige Anhäufung derselben handelt, zu ganz bedeutenden Differenzen führen. — Zugleich bietet sich hierdurch eine wahre Feuerprobe für die Güte der Bahnelemente selbst dar. Auch für die Bedürfnisse der Schifffahrt ist die genaue Vorausberechnung der für jeden Augenblick stattfindenden, sich rasch verändernden Winkelabstände des Mondes von den helleren Fixsternen und Planeten, sowie von der Sonne sehr wichtig, weil dem Schiffer — was hier nicht näher dargelegt werden kann — dadurch das beste Mittel gegeben ist, in der pfadlosen Wasserwüste, auf welcher er oft durch lang anhaltenden Sturm weit ab von seinem Bestimmungsorte verschlagen ist, die Lage seines Schiffes auf der Erdkugel zu bestimmen. Man findet desshalb in den (jetzt vier Jahre voraus erscheinenden) nautischen Ephemeriden für alle Tage des Jahres von 3 zu 3 Stunden jene s. g. Mondstrecken berechnet. Die Admiralität von England verwendet hierauf jährlich erhebliche Kosten. Ob nun diese theoretischen Vorausberechnungen auf richtige Grundsätze basirt und deshalb wirklich praktischen Werth, z. B. für die Nautik, besitzen, dafür gewähren die Bedeckungen unserer nächsten Sonne durch den Mond (noch mehr aber die Bedeckungen der Fixsterne — also der sehr entfernten Sonnen —) ein vortreffliches Prüfungsmittel. Und diese Prüfungsmittel haben uns das beschämende Geständniss abgenöthigt, dass wir uns bis noch vor drei Jahren, d. h. bis zur Herausgabe der erst 1857 erschienenen Mondtafeln des Hofraths Hansen zu Gotha, nicht im Stande sahen, die Theorie in die wünschenswerthe Uebereinstimmung mit dem Himmel zu bringen.

Die Theorie der Mondbewegung ist anerkannt eine der schwierigsten in der ganzen Astronomie, und sie ist das hauptsächlich wegen der ungemeinen Störungs-Einflüsse, denen der Mondlauf unterworfen ist. Derartige grosse Probleme werden nicht von Einem, oder einer Generation und nicht von einer Nation gelöst, oder doch ihrer Lösung näher geführt, sondern dazu gehört eben das Zusammenwirken Vieler und zwar der besten Köpfe. Es kann deshalb auch nur unsere Absicht sein, hier eine ungefähre Andeutung über einige Quellen jener Störungen zu geben.

1890 Mai 28. Die Totalitätszone geht durch die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Spanien, Alger, Egypten (Vergl. 1890)

§. 20.

Wir bemerkten bereits in §. 5, dass der um einen Centralkörper in der Ellipse sich bewegende untergeordnete Körper in der Bahncurve desto schneller weiter läuft, je mehr er sich dem Centralkörper nähert, und dass bei Abnahme der Entfernung zwischen den Mittelpunkten beider sich diese Bewegung verlangsamt. Auf diese Weise wird das Gleichgewicht erhalten zwischen der Attractionskraft, die, wenn sie allein thätig wäre, den kleineren Körper sofort mit dem grösseren Körper zusammenstürzen lassen würde, und zwischen der, dem untergeordneten Körper anerschaffenen Flugkraft (Tangentialkraft), die, wenn sie ebenfalls allein thätig wäre, denselben geradlinig in den Raum hinaustreiben würde. Die Stärke, mit welcher die Attractionskraft wirkt, ist von zwei Umständen abhängig, nämlich 1) von der Grösse der Körper, und 2) von der zwischen ihnen liegenden Entfernung.

Unter Grösse ist hier nicht sowohl der blos räumliche (grössere oder kleinere) Umfang der Körper (d. h. Volumen) verstanden, als auch zugleich der Grad, in welchem die innerhalb dieses Volumens enthaltenen Atome in mehr lockerer oder in dichter Anordnung aneinander gefügt sind. Durch Volumen und Dichtigkeit wird eben dasjenige bedingt, was man gewöhnlich die Masse eines Körpers nennt.

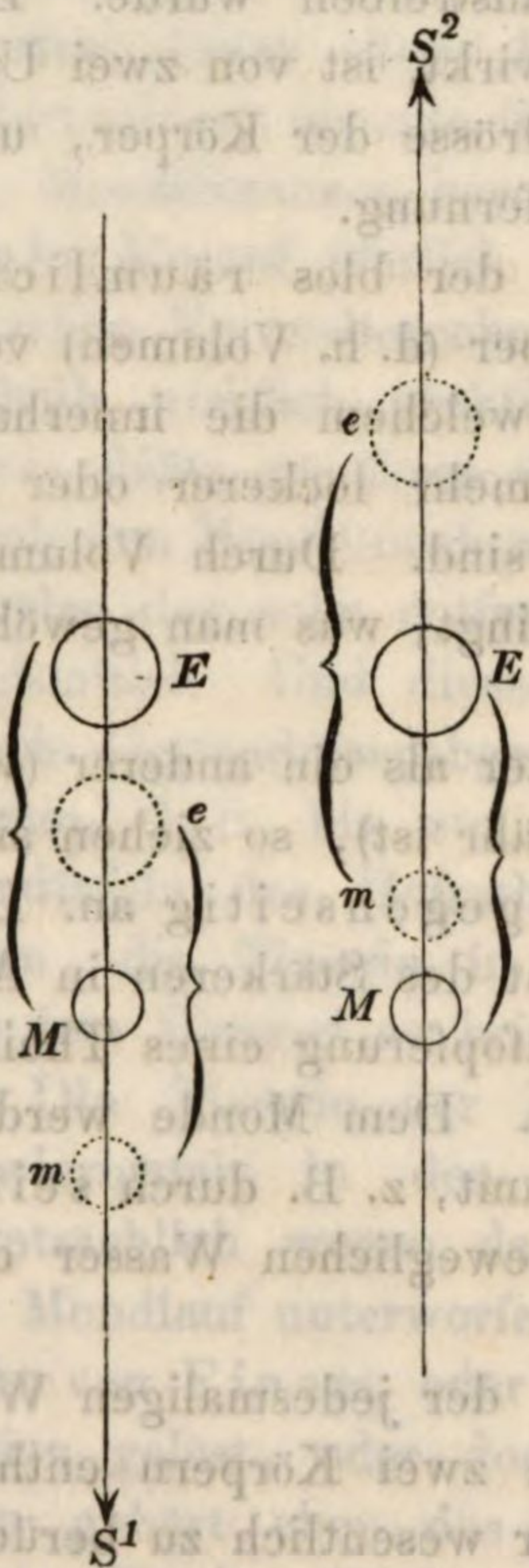
Ist nun ein Körper 80 mal massenhafter als ein anderer (wie es z. B. die Erde gegen den Mond ungefähr ist), so ziehen sich beide auch in diesem selben Verhältnisse gegenseitig an. Die Erde überwiegt also und nimmt das Recht des Stärkeren in Anspruch, wonach der Mond ihr, unter Aufopferung eines Theiles seiner Tangentialkraft, zu gehorchen hat. Dem Monde werden von ihr nur kleine Concessionen eingeräumt, z. B. durch seine Anziehung Ebbe und Fluth auf dem beweglichen Wasser des Oceans hervorzurufen.

Die Rolle, welche bei dem Betrage der jedesmaligen Wirkung der Attractionskraft, der zwischen zwei Körpern enthaltenen Entfernung zugewiesen ist, ist sehr wesentlich zu berücksichtigen. Nehmen wir, um das anschaulich zu machen, die Masse des kleineren Körpers gegen die des grösseren Körpers unendlich klein, z. B. ein Stein und die ganze Erde, und denken uns 5 Steine, den 1sten in 100 Fuss, den 2ten in 200 Fuss, den

3ten in 300 Fuss, den 4ten in 400, den 5ten in 500 Fuss von der Erde, so nimmt mit der wachsenden Entfernung die Wirkung der Erdanziehung ab, aber nicht etwa so, dass in der Entfernung 2 (hundert) diese Abnahme nur die Hälfte, in 3 (hundert) nur $\frac{1}{3}$, in 4 (hundert) nur $\frac{1}{4}$, in 5 (hundert) nur $\frac{1}{5}$ von dem betrüge, was sie in der Entfernung 1 (hundert) austrägt; sondern in viel stärkerem Verhältniss nimmt sie ab, nämlich so, dass sie bei Entfernung 2 schon $\frac{1}{4}$, in 3 schon $\frac{1}{9}$, in 4 schon $\frac{1}{16}$, in 5 schon $\frac{1}{25}$ geringer wirkt, als in der Entfernung 1.

§. 21.

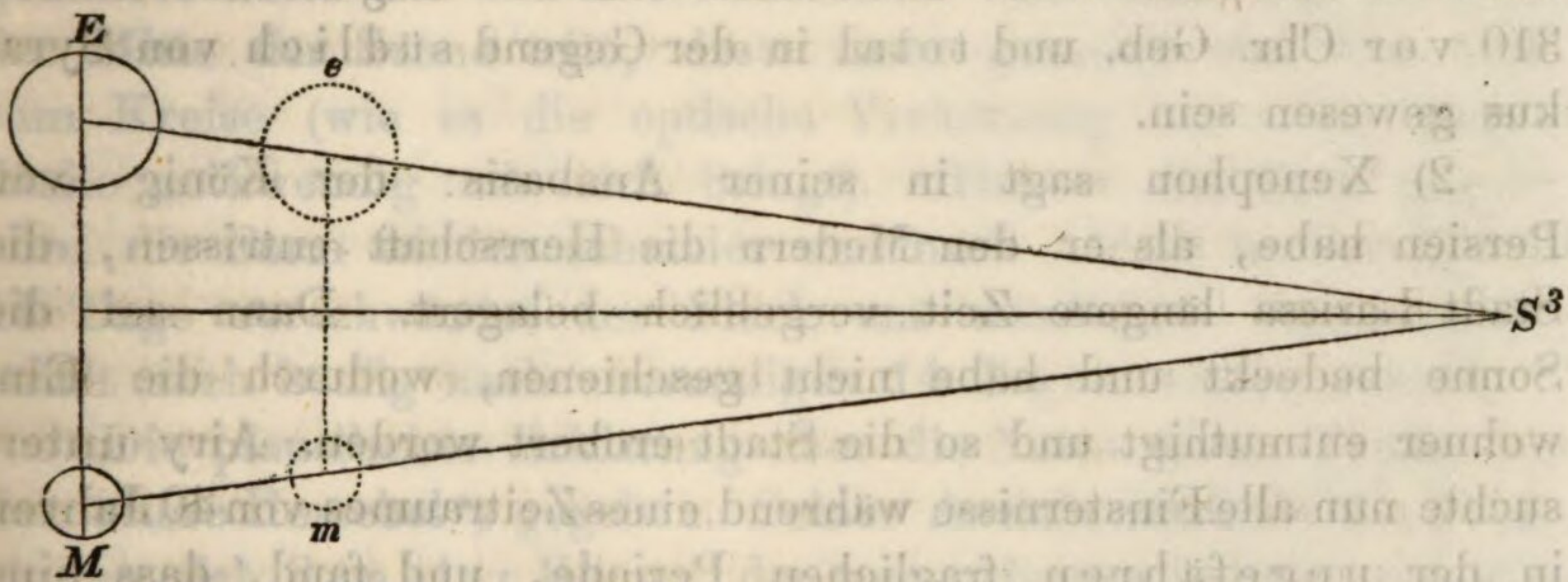
Fig. 16.



Wären nun ausser der Erdkugel und dem Monde keine andere Weltkörper von der Allmacht erschaffen, so würde die Bewegung des Mondes um die Erde (§. 4 Fig. 4) in der grössten Regelmässigkeit vor sich gehen. Aber es sind nun eben (abgesehen von den hierfür nicht in Betracht kommenden zahllosen Fixsternen) noch die Sonne und ihre übrigen Planeten da. Betrachten wir es uns daher sofort etwas näher, wie die Sonne bald beschleunigend, bald verlangsamen auf den Mondlauf einwirken kann. Es sei (in Fig. 16) ME die Entfernung, welche ohne das Vorhandensein der Sonne die Mittelpunkte des Mondes und der Erde von einander in einem bestimmten Augenblicke eingenommen haben würden. Jetzt komme aber die Sonne hinzu, die entweder in S^1 oder S^2 stehe, so wird (im Falle S^1) jetzt der der Sonne nähere Mond von ihr etwas stärker angezogen, als die entferntere Erde, und hierdurch wird der Mond nach m versetzt, während die minder stark afficirte Erde nur bis e verrückt wird. Die Entfernung me ist also gegen die frühere ME vergrössert

und die Folge muss sein, dass der Mond nun sofort langsamer sich um die Erde bewegt, als er sonst gethan haben würde. Steht die Sonne in S^2 , findet etwas Aehnliches Statt; hier wird zwar die Erde stärker afficirt als der Mond, aber die Sache läuft doch auf eine Vergrößerung der Mittelpunkts-Entfernung beider und daher auf eine Verlangsamung der Mondbewegung hinaus.

Fig. 17.



Stehe aber in Fig. 17 (die obigen Bezeichnungen beibehalten) die Sonne in S^3 , so sind ihr Erde und Mond ungefähr gleich nahe, und sie erleiden auch beide daher nahezu dieselbe Anfechtung von der Sonne in der Richtung der convergirenden Linien ES^3 und MS^3 . Sie werden dadurch nach e und m versetzt; die Distanz em ist aber kürzer als EM , und der Mond wird nun sofort beginnen, seinen Lauf um die Erde mehr zu beschleunigen, als er es sonst gethan hätte.

In ähnlicher Weise üben nun noch die übrigen Planeten, namentlich die Venus (die sich uns bis auf 5 Millionen Meilen nähern kann), Störungen auf den Erdlauf aus, die dann wieder auf den Mondlauf refluiren. Man sieht, der Gegenstand ist complicirt!

Alle diese Einflüsse wollen aber bei der Anfertigung der Mondtafeln und Erdtafeln (gewöhnlich Sonnentafeln genannt) sorgfältig berücksichtigt sein.

§. 22.

Die vorhin schon erwähnten Hansen'schen Mondtafeln — sowie die von demselben Astronomen herrührenden Sonnentafeln, übertreffen nun Alles, was in dieser wichtigen Branche bisher geleistet ist. Auch behuf chronologischer Forschungen hat man bereits von ihnen Gebrauch gemacht. So z. B. hat der Director der Greenwicher Sternwarte, Mr. Airy, es mit Glück unternommen, unter Zugrundelegung jener Tafeln, mehrere geschichtliche Ereig-

nisse aufzuklären, von denen wir drei hier in der Kürze angeben wollen.

1) Als Agathokles mit seiner Flotte von Syrakus nach Afrika segelte, trat nach Diodor's Berichte am 2. Tage nach der Abfahrt eine solche Finsterniss ein, dass der Tag den Anschein der Nacht erhielt und überall Sterne gesehen wurden. Es scheint also, dass von einer totalen Finsterniss die Rede sein soll. Nach Hansen's Tafeln muss diese Finsterniss am 15. August des Jahres 310 vor Chr. Geb. und total in der Gegend südlich von Syrakus gewesen sein.

2) Xenophon sagt in seiner Anabasis: der König von Persien habe, als er den Medern die Herrschaft entrissen, die Stadt Larissa längere Zeit vergeblich belagert. Dann sei die Sonne bedeckt und habe nicht geschienen, wodurch die Einwohner entmuthigt und so die Stadt erobert worden. Airy untersuchte nun alle Finsternisse während eines Zeitraumes von 40 Jahren in der ungefähren fraglichen Periode, und fand, dass eine totale Sonnenfinsterniss zu Larissa (dem heutigen Nimrod) in der That am 19. Mai des Jahres 556 vor Chr. Geb. Statt gefunden.

3) Die berühmte Sonnenfinsterniss, welche Thales von Milet den Joniern vorher verkündet, ereignete sich nach Herodot, während einer Schlacht zwischen den Lydiern und den Medern. Der bisher ungewisse Ort des Schlachtfeldes wird durch die Airy'sche Rechnung in Kleinasien auf ein Polygon gelegt, dessen Endpunkte Sardes, Ikonium, Tarsus, Issus, Melitene und Ankyra sind. Das Datum der Schlacht wird dadurch der 28. Mai 584 vor Chr.

§. 23.

Bevor wir nun zur Schilderung der in physischer Beziehung merkwürdigsten Phänomene übergehen, die uns nur die so selten eintretende und dann nur so kurze Zeit dauernde totale Sonnenfinsterniss enthüllt, wollen wir noch über die s. g. Sonnenflecke einige Notizen beibringen, die uns später nützlich sein werden.

Als längere Zeit nach Erfindung des Fernrohrs (1610) die Methode der Benutzung von Blendgläsern zu Sonnenbeobachtungen in allgemeineren Gebrauch kam*), entdeckte man auch sehr bald diese wandelbaren Flecke. Ihr Anblick ist meistens

*) Galilei (der 1642 in demselben Jahre starb, in welchem Newton geboren wurde) kannte diese Methode noch nicht, und an seiner späteren Erblindung sind wahrscheinlich seine Sonnebeobachtungen Schuld, die er jedoch nur bei dünnbewölktem Himmel anstellen konnte.

so, dass um einen schwarzen, alle möglichen Formen annehmenden Kern, sich ein grauer, die Kerncontouren in der Regel nachahmender Hof zeigt. Oft befinden sich nur wenige oder gar keine Flecke auf der Sonne; oft wird sie monatelang von vielen Flecken und Fleckengruppen nicht verlassen. Die Flecke sieht man am östlichen Sonnenrande in Form von schmalen Ovalen eintreten und im Laufe von etwa 14 Tagen allmählig über die uns zugekehrte Seite der Sonne fortschreiten. Je näher der Fleck so der Mitte der Sonne tritt, desto mehr gestaltet sich das Oval zum Kreise (wie es die optische Verkürzung bei einer Kugel- fläche nothwendig mit sich bringt). Hat er die Mitte passirt, wird die Form wieder schmaler und nach Ablauf der erwähnten 14 Tage verschwindet der Fleck am westlichen Sonnenrande, kehrt auch häufig nach abermaligen 14 Tagen wieder zurück.

Die plausibelste Erklärung über die Natur dieser Flecke hat der ältere Herschel*) gegeben. Seiner Ansicht nach ist die Sonne ein an sich dunkler Körper, der von mehreren, mindestens aber zwei Lichthohlkugeln umgeben wird. Ziehen sich nun durch irgend welche (uns unbekannte, vielleicht starken Luftströmungen vergleichbare) Kräfte jene Lichtsphärensichte von einem Theil der Oberfläche weg, so erblicken wir durch die so entstehende, gleichsam trichterförmige Oeffnung den dunkeln Sonnenkörper, als Kernfleck, und die mittlere nicht so helle Lichtschicht als Umhofung des Kerns.

Da die Entfernung der Erde von der Sonne bekannt ist, so lässt sich durch mikrometrische Messungen mit der äussersten theoretischen Leichtigkeit der Umfang und der Durchmesser der Kernflecken und ihrer Höfe in irgend einem Maassstabe (z. B. in geographischen Meilen) finden.

So ergab die Messung eines am 28. October 1859 (selbst schon dem freien Auge durch ein geschwärztes Stück Fensterglas) sichtbaren Sonnenfleckes, den Durchmesser der Kernumhofung 10 Tausend 810 Meilen; also betrug sein Flächeninhalt 91 Millionen 778 Tausend 575 Quadratmeilen. Ferner wurde der Flächeninhalt des unregelmässig gebildeten Kerns (auf Kreis reducirt) 11 Millionen 785 Tausend 600 Quadratmeilen gefunden. Der Halbmesser des Hofes (5405 Meilen) hatte also etwa dieselbe Länge, als der Umfang des Erdäquators. Rechnet man das feste Land der Erde zu 2 Millionen 500 Tausend Quadratmeilen, die gesammte Wasserfläche der-

*) William Herschel geb. 1738 in der Stadt Hannover; gestorben 1822 zu Slough bei Windsor.

selben zu 6 Millionen 780 Tausend Quadratmeilen, zusammen 9 Millionen 280 Tausend Quadratmeilen, so war also der Flächeninhalt nur des Kernflecks allein schon grösser, wie die Gesamtoberfläche unserer Erde.

Aus dem Erscheinen, Verschwinden und Wiedererscheinen der Flecke an den Rändern der Sonne lässt sich, wenn die Beobachtungen zahlreich sind (und bei der Reduction die nöthige Rücksicht auf die in der Zwischenzeit vor sich gehende Bewegung der Erde im Raume genommen wird) ermitteln, wie viel Zeit die Sonne gebraucht, um sich ein Mal um ihre Axe zu drehen. Man hat hieraus diese Rotations-Periode zu $25\frac{1}{2}$ Tagen oder 658 Stunden gefunden, also für die grosse Sonne etwas mehr an Tagen, als für die kleine Erde an Stunden. Dennoch aber ist der Rotationsschwung der Sonne (die 604508 Meilen Aequatorumfang hat) an sich viel schneller, als derjenige der (nur 5400 Meilen Umfang haltenden) Erde.

Aus dem Umstande, dass zu gewissen Zeiten die Sonnenflecke sich in krummen Linien, zu anderen in geraden Linien über die Oberfläche der Sonne zu bewegen scheinen, hat man abgeleitet, dass die Ebene des Sonnenäquators nicht mit der Ebene der Erdbahn in dieselbe Fläche fällt, sondern dass beide Ebenen etwa $7\frac{1}{2}$ Grad gegen einander geneigt sind.

Im Uebrigen erscheinen die Sonnenflecke niemals in den Polargegenden der Sonne, sondern nur in gewissen Abständen von ihrem Aequator, wobei bald die nördliche, bald die südliche Hemisphäre die zahlreichern Gruppen aufzuweisen hat.

Herschel war der Ansicht, dass in fleckenreichen Jahren die Photosphäre der Sonne in einer aussergewöhnlichen Activität begriffen sei, und sich ihr Wärmeeinfluss auf die Erde dann besonders reichlich äussere; daher seine sorgfältigen Vergleichen der fleckenarmen und fleckenreichen Jahre mit den Weizenpreisen in England. Leute, die den grossen Mann missverstanden, und danach ihre Kornspeculationen einrichteten, erlitten dadurch erheblichen Schaden.

Durch eine lange Reihe, von dem Hofrath Schwabe in Dessau seit Beginn der 1820er Jahre, angestellter Beobachtungen, die stets fortgesetzt werden, und deren Bearbeitung (unter Zuhülfnahme älterer Beobachtungsreihen) der Professor Wolf in Zürich unternommen hat, ist neuerdings das wichtige Resultat zu Tage gefördert, dass die Sonnenfleckperiode in ein Maximum und ein Minimum von $11\frac{1}{9}$ Jahren eingeschlossen ist. Das Jahr 1855/56

war ein solches Minimaljahr, wo oft wochenlang kein einziger Sonnenfleck sichtbar war; jetzt nähern wir uns daher wieder dem Maximum. Diese Entdeckung erhält durch den Umstand noch eine viel erhöhte Bedeutung, dass auch die Maxima und Minima der Magnetnadel-Variationen eine ganz ähnliche Periodicität zeigen, und sich für die Erforschung des etwaigen Zusammenhanges dieser beiden Erscheinungen daher der Wissenschaft ein ganz neues Feld geöffnet hat.

§. 24.

In der Ansicht, dass der, die schwarzen Sonnenkernflecke umgebende graue Hof (Halbschatten, *penumbra*), — der also zwar mehr Helligkeit als der Fleck, aber bei weitem nicht so viel Licht wie die äusserste (uns zugekehrte) Photosphäre besitzt — einer solchen Kugelschicht-Umhüllung jenes Weltkörpers angehört, die sich zwischen dieser äussersten strahlenden Photosphäre und dem Kerne befindet, wurde Herschel noch durch ein merkwürdiges Phänomen bestärkt. Wenn nämlich die Flecke am östlichen Rande der Sonne eben erst erschienen sind und im Allgemeinen noch die vorhin besprochene ovale Form zeigen, so bemerkt man, dass die Umhofung des Fleckens nach der dem Mittelpunkte der Sonne zugewandten Seite erheblich schmaler ausfällt, als nach dem Rande der Sonne hin. Etwas Aehnliches zeigt sich, wenn die Sonnenflecke am westlichen Rande des Körpers bald verschwinden wollen. Diese Erscheinung lässt sich aber nur dann mit den Gesetzen der Perspective in Einklang bringen, wenn die den Hof erzeugende Ursache in einer gewissen Tiefe unter der leuchtenden äussersten Sonnenoberfläche liegt, und die von dort bis in die grösste Tiefe zum Sonnenkörper hinabführende Oeffnung in der Trichterform erscheint.

Ausser den schwarzen Flecken mit ihrer Umhofung erblickt man aber auf der Sonne auch noch häufig Partien und Punkte, die sich durch einen helleren Glanz vor den übrigen Theilen der Sonnenoberfläche auszeichnen, s. g. Sonnenfackeln und Lichtadern. Zu ihrer Erklärung ging die frühere Annahme dahin, dass dieselben uns unbekannten Kräfte, welche die äussere Photosphäre an der einen Stelle der Sonne durchbrechen und verschieben, an einer anderen Stelle der Oberfläche eine stärkere Anhäufung der Lichtmaterie bewirken möchten. Jedoch ist die Austheilung dieser Fackeln und Adern nicht auf die Aequatorealzone der Sonne beschränkt, sondern kommt auch an den

Polen derselben vor und ihr Glanz ist häufig in der Nähe des Sonnenrandes am lebhaftesten. Indessen hat man die Entstehung dieser Sonnenfackeln auch noch auf eine andere und einfachere Weise zu erklären gesucht. Eine Reihe der sorgfältigsten Experimente, die man mit den Gasbrennern neuerer Construction (den bekannten s. g. Fischschwanzbrennern) angestellt hat, führt zu der Ueberzeugung, dass ganz dieselbe Menge Licht auf einen Gegenstand fällt, man möge ihm nun genau die Schneide der Flamme, oder genau deren Breitseite zuwenden; dass aber der Brenner heller wirkt, wenn er halb mit der Schneide und halb mit der Breitseite dem Gegenstande zugerichtet wird. Hiernach würde schon eine jede trichterförmige, jedoch die äusserste Sonnenphotosphäre nicht durchbrechende Vertiefung der uns zugewandten obersten Fläche den Anblick einer Sonnenfackel hervorbringen.

§. 25.

Die dunkeln Sonnenflecken zeigen nun eine ausserordentlich rasche Veränderung in ihrer äussern Form. Oft hat sich schon nach wenig Stunden ein grösserer Fleck in zwei oder mehrere kleinere zertheilt, oder mehrere kleinere Flecke haben sich zu einem grösseren Fleck umgestaltet; oder es zeigt sich heute ein Fleck an einer Stelle, wo man gestern noch keine Spur davon bemerkte. Mitunter, jedoch selten, überdauert aber auch ein Fleck mehrere Rotationen der Sonne. Es drängt sich daher hierdurch die Ueberzeugung auf, dass die Entstehung der Flecken und deren Umwandlung in einem Medium vor sich geht, das durch seine leichte Beweglichkeit oder Elasticität solchen plötzlichen Bildungen und Umgestaltungen Vorschub leistet. Der Gedanke an eine hierzu offenbar nicht geeignete feste Rindenbildung der uns zugewandten äussern Photosphärenfläche fällt also weg. Es bleibt mithin nur übrig, entweder jenes Medium als ein tropfbar flüssiges, den hydrostatischen Gesetzen unterworfenen sich zu denken, oder ihm die Eigenschaften der luftförmigen Körper, also der Gase zu vindiciren. Die erstere Hypothese aber fällt wohl schon deshalb aus dem Bereiche der Wahrscheinlichkeit aus, weil es denn doch in der That schwer abzusehen wäre, dass bei den längere Zeit hindurch sichtbaren Flecken (also Vertiefungen) die Niveau-Ausgleichung der Oberfläche so lange Zeit in Anspruch nehmen sollte. Indessen dürfen wir an die dort waltenden Kräfte nicht den kleinen Maassstab anlegen, der uns vielleicht

vorschwebt, wenn wir die Oberfläche des Oceans durch Orkane aufgeregt sehen, oder das Treiben der s. g. Wasserhosen beobachten. Es ist daher gewiss vom höchsten Interesse, dass wir in dem Polariscop ein Instrument besitzen, welches einen viel directeren Beweis von der gasförmigen Beschaffenheit der uns zugewandten äusseren Sonnen-Photosphäre zu liefern im Stande ist.

§. 26.

Es ist nicht die Absicht, hier eine eingehende Beschreibung jenes Instrumentes zu geben, vielmehr müssen wir uns auch in diesem Falle auf die allgemeinste Andeutung der bei der Sache in Frage kommenden Grundprincipien beschränken. Der französische Ingenieur Malus machte im Jahre 1811 die Entdeckung, dass Lichtstrahlen, welche nicht direct von einem selbst leuchtenden Gegenstande in unser Auge gelangen, sondern durch Reflex von einer spiegelnden Fläche, (im Uebrigen aber so zu uns kommen, dass ein regelmässiges Bild entsteht) besondere Eigenthümlichkeiten zeigen, sobald diese reflectirten Strahlen durch einen, unter dem Namen „Isländischer Doppelspath“ bekannten Kristall geleitet werden. Jeder Lichtstrahl (er komme vom directen oder vom reflectirten Lichte) wird durch dies Kristall-Medium sofort in 2 Strahlen zerlegt, so dass an Stelle eines Bildes zwei Bilder erscheinen, aber beim reflectirten Lichte sind diese Bilder von ungleicher Helligkeit, während sie, falls der Strahl ein directer ist, gleiche Helligkeit besitzen. Dieses Verhalten bezeichnete Malus mit dem Namen „Polarisation des Lichtes“, wobei man also nicht etwa an magnetische Erscheinungen zu denken hat. Das direct gesehene Licht einer Gasflamme zeigt 2 Bilder von gleicher Helle; das im Spiegel reflectirte Licht der nämlichen Flamme, dagegen Bilder von ungleicher Helligkeit und ist also — wie man es nennt — polarisirt. Als nun im Jahre 1819 ein dem freien Auge in Europa sichtbarer Komet erschien, beobachtete man ihn (um die Frage aufs Reine zu bringen, ob die Kometen Sonnenlicht reflectiren) durch ein kleines Fernrohr, in welches ein solcher isländischer Doppelspath-Kristall eingesetzt war, und Humboldt, Arago, Bouvard und Andere fanden, dass allerdings die beiden Bilder des Kometen eine geringe Helligkeits-Differenz zeigten. Richtete man aber eben dasselbe Instrument auf helle Fixsterne in der Nähe des Kometen, so war bei keinem dieser Sterne ein Helligkeitsunterschied in den beiden Bildern bemerklich. Etwas später

wusste Arago eine bedeutende Vervollständigung des Apparates dadurch zu erreichen, dass er noch eine Glimmerplatte (s. g. russisches Frauenglas) in dem Instrumente anbrachte, gegen deren durchsichtige Fläche sich der Doppelspath-Krystall in verschiedenen Winkeln drehen liess. Auf diese Weise war man nun in den Stand gesetzt, für die beiden Bilder nicht Helligkeitsunterschiede, sondern Farbenunterschiede zu erzeugen. Ein Farbenunterschied giebt aber stets ein viel besseres Kriterium, als ein nur sehr geringer Helligkeitsunterschied. Als daher im Jahre 1835 der (im Jahre 1759 zuletzt beobachtete) Halley'sche Komet in Gemässheit der Vorausberechnung wieder erschien und im October seinen grössten Glanz für die Erde entfaltete, wandte man das seit 1819 verbesserte Instrument an, und es zeigte sich sofort das eine Bild grün, das andere roth*) gefärbt. Ganz ähnliche Beobachtungen gelangen bei dem prachtvollen Kometen, der im Herbst des Jahres 1858 sichtbar war.

Richtet man aber dasselbe Instrument (Polariscop) direct auf die Sonne, so erscheinen zwei Bilder, die *beide* weiss sind, während, wenn man das z. B. von einer ruhigen Wasserfläche reflectirte Sonnenbild damit betrachtet, alsdann sie in den lebhaftesten Complementärfarben erglänzen. Es war also hierdurch der Beweis geführt, dass jene hellen Kometen in der That erborgtes Licht, also Sonnenlicht reflectirten**).

Sehr ausführliche Versuche haben sodann ferner gezeigt, dass, wenn von der Oberfläche eines glühend flüssigen Körpers z. B. schmelzender Metalle solche Lichtausstrahlungen im Polariscop aufgefangen werden, bei denen die Oberfläche des Körpers und die Gesichtslinie des Polariscops nur einen kleinen Winkel mit einander bilden, dann deutliche Spuren der verschiedenen Bilderfärbung bemerklich werden; während der Gasbrenner, wie auch der eben bezeichnete Winkel beschaffen sein mag, durchaus diese Farben-Verschiedenheiten vermissen lässt. — Die von den Rändern der Sonnenscheibe (d. h. also von den uns noch eben sichtbaren Grenzen der uns zugewandten Sonnenhalbkugel) nach der Erde

*) Roth und grün sind s. g. Complementär-Farben, d. h. sie gehören zu denjenigen Farben z. B. des Regenbogens, die zu einander gemischt, *weiss* geben; ebenso violett und gelb etc.

**) Der Beweis, dass die Kometen ausser dem reflectirten Lichte, nicht noch eigenes Licht überher besitzen können, kann natürlich auf diese Weise nicht erbracht werden. Der Beweis einer Negative ist überhaupt, nicht blos in juristischen Dingen, schwer!

hin fallenden Lichtstrahlen können aber nur unter ganz kleinen Winkeln mit diesen Randoberflächen-Theilen der Sonne in unser Auge gelangen. Wenn daher die im vorigen Paragraphen besprochene äussere Sonnenphotosphäre ihrer Substanz nach zu den tropfbar flüssigen Körpern gehörte, so müsste der Sonnenrand in den beiden Bildern des Polariscops verschiedenartig gefärbt sein, was er, wie die Erfahrung lehrt, entschieden nicht ist. Es erübrigt mithin nur, für jene Photosphäre die gasförmige Substanz anzunehmen.

§. 27.

So hat uns also die Entdeckung der Polarisation des Lichts früher ungeahnte und sehr wichtige Aufschlüsse über die Naturanlage der fernen Himmelskörper gegeben. Es entstand nun die Frage, ob die Sonne mit ihrer, unter gewöhnlichen Verhältnissen uns sichtbaren äusseren photosphärischen Kugelbegrenzung in der That Alles repräsentirt, was zu ihrem selbst-eigenen Wesen gehört, oder ob sie (analog wie der Erdkörper) noch mit einer (an der Rotation Theil nehmenden und durchscheinbaren) Atmosphäre umgeben ist, die z. B. für die Erde und ihre Gesamtverhältnisse eine so überaus wichtige Rolle spielt. Soweit unsere optischen und analytischen Hülfsmittel jetzt reichen, kann man nur von einer *totalen* Sonnenfinsterniss Anhaltspunkte erwarten, um in dieser Beziehung neue Einblicke in die Schöpfung Gottes zu thun. Jene Gelegenheit ist aber, wie wir gesehen, an sich schon äusserst selten und beschränkt sich auch dann noch (selbst bei dem klarsten Himmel) auf die rasch vorübergehenden Augenblicke, wo die bis dahin partiale Sonnenfinsterniss auf kurze Zeit in die totale übergegangen ist. Existirt nämlich eine solche atmosphärische Umhüllung der Sonne in der Wirklichkeit, so kann sie bei dem, unter gewöhnlichen Verhältnissen alles überleuchtenden und überblendenden Glanze des Gestirns, uns selbst dann nicht sichtbar werden, wenn jene Atmosphäre auch eigenes, aber nur schwaches Licht besitzt; um so weniger also, wenn sie (wie unsere Erdatmosphäre) aus dunkeler Materie besteht, daher ebenfalls nur von der Sonne Licht empfangen, und nur durch Reflex des Letzteren nach der Erde hin wirken könnte. In den besten Fernröhren sieht man unter gewöhnlichen Verhältnissen nichts von einer solchen Atmosphäre. Das Bild der Sonne zeigt keine verwaschene, allmählig an Licht abnehmende Contouren; auch nicht — wie das

manche Kometen thun — eine kernartige Verdichtung in Nebelumhüllung, sondern der Sonnenrand zeigt im Gegentheil die allerschärfsten Umrisse durch das dunkle Blendglas.

Anders aber liegt die Sache, wenn der Mond für einen irdischen Standpunkt die Sonnenscheibe gänzlich verdeckt, so dass dieser Punkt von directem Sonnenlichte überall nicht getroffen wird. Dann fällt die frühere Ueberblendung weg, und dann zeigt sich eine Erscheinung, die alle Beobachter, die sie wahrzunehmen das Glück und die seltene Gelegenheit hatten, *mit Erstaunen und Bewunderung* erfüllt hat: *dann zeigt sich die Corona.*

§. 28.

So weit nun auch die Beschreibungen der älteren und neueren Beobachter dieses imposanten Phänomens aus einander gehen, so stimmen sie doch darin überein, dass rings um die, vom Monde völlig verdeckte Sonnenscheibe (nachdem zeitig das Dämpfglas vom Fernrohre beseitigt ist) ein leuchtender Glorienschein (Krone, *Corona*) sich verbreitet, in welchem mitunter Leuchtbüschel und Strahlenschüsse sich bemerklich machen. Statt aller Beschreibung — die doch schwerlich auch eine nur annähernde Vorstellung der Sache zu geben vermöchte — haben wir es vorgezogen, dieser Abhandlung eine colorirte Zeichnung beizufügen. Letztere ist eine getreue Copie des Anblicks der totalen Sonnenfinsterniss vom 6./7. September 1858 im umkehrenden astronomischen Fernrohre. Der schwarze Mond hat die Sonnenscheibe gänzlich verdeckt. — Es ist die letzte totale Finsterniss, welche bis zum Niederschreiben dieser Zeilen für die Erde überhaupt Statt gefunden hat. Bei ihr haben daher die älteren Erfahrungen berücksichtigt, sowie die neuesten Hülfsmittel der Wissenschaft und die zweckmässigsten Beobachtungsmethoden zur Anwendung gebracht werden können. Diese Finsterniss (von der kein Land Europas auch nur als partiale getroffen ist) war in Brasilien total. Die Kaiserlich Brasilianische Regierung hatte mit erheblichem Kostenaufwande, unter Zuziehung des französischen Astronomen Liais, eine scientifique Commission niedergesetzt, deren Mitglieder auf den vortheilhaftesten Stationen vertheilt waren. — Eine der letzteren wurde an Bord eines hiezum besonders beorderten Kriegsschiffes auf dem Meere improvisirt, während andere Beobachtergruppen auf den Bergen und in der Ebene postirt waren. — Der über jene gelungenen Observationen an die Re-

gierung erstattete Bericht nebst Zeichnung ist in den Nummern 1170 und 1171 der zu Altona erscheinenden Astronomischen Nachrichten enthalten, und wir verdanken es der gütigen Special-Erlaubniss des Herausgebers dieser berühmten wissenschaftlichen Zeitschrift (Professor Dr. Peters zu Altona) jene Abbildung hier wiedergeben zu dürfen. Die Beobachter waren zum Theil durch bedeutende Distanzen von einander getrennt; daher völlig unabhängig und nicht präoccupirt, aber in gewisser Weise doch wieder gegenseitig controlirt, und verbunden durch den vorher festgestellten Operationsplan und seine Rollenvertheilung. Ihre gemeinsamen, in jener Zeichnung deponirten Aussagen verdienen mithin um so mehr Glauben, und können einen um so höheren wissenschaftlichen Werth beanspruchen.

Das Wesentlichste der im Jahre 1858 und bei früheren Gelegenheiten gemachten Erfahrungen lässt sich etwa in Folgendem zusammenfassen: Man sieht bei totalen Sonnenfinsternissen in der Umgebung des Doppelgestirns, ausser dem gleichförmig gegen das Himmelsdunkel verblassenden Lichtsaume der Corona, meistens theils noch lang gestreckte Lichtstellen. Bisweilen überragen letztere die Corona, sie werden nicht bei allen Sonnenfinsternissen und nicht an allen Orten, wo die Finsterniss beobachtet wird, in gleicher Weise gesehen. Sie verändern sich während der Beobachtungszeit an einem und demselben Orte, so dass sie je nach Ort und Zeit bisweilen vorhanden sind, bisweilen fehlen. Diese Strahlen sind stets heller, als der umgebende Himmelsraum, meist sind sie auch lichtstärker als die benachbarte Corona; mitunter jedoch markiren sie sich durch eine gegen die Corona geringere Intensität. In der Regel stehen diese strahlenförmigen Lichtstellen senkrecht auf den Mondrand, bisweilen sind sie aber auch gegen ihn geneigt.

§. 29.

Aber was ist denn nun jene Corona? Hängt sie unmittelbar mit der Sonne zusammen, oder gehört sie dem Monde an? Das ist die grosse Frage, um die es sich handelt, und zu deren Entscheidung, als einer der wichtigsten Umstände, jetzt neue Beiträge in Spanien etc. gesammelt werden sollen.

Der Meinung, dass man eben in der Corona jene im §. 27 besprochene Sonnenatmosphäre zu erblicken habe, sind bedeutende Autoritäten beigetreten. Die Antwort, soweit sie uns das Polariscope ertheilen kann, fiel im Jahre 1842 und 1851 (bei der to-

talen Finsterniss in Scandinavien) zweifelhaft aus. Die Brasilianischen Beobachter haben aber allerdings 1858 schwache Spuren von Polarisation in der Corona gefunden.

Dafür, dass dies Corona-Licht an einer Stelle sich befindet, die jedenfalls weiter (wie der Mond von uns entfernt ist (und daher keinenfalls mit unserer Erdatmosphäre etwas zu thun hat), scheinen folgende Umstände zu sprechen:

1) Es ist auch wieder in Brasilien die Beobachtung gemacht, dass der Mond (von dessen Existenz man sonst im Neumonde durch das gefärbte Blendglas des Fernrohrs absolut nichts erblicken kann), bevor er völlig in die Sonnenscheibe eingetreten ist, noch mit seinem schwarzen Körper auch ausserhalb der Sonnenscheibe auf dem Himmelsgrunde ein Randstück projecirt. Es muss also hinter dem Monde Licht sich befinden, das zwar in diesem Stadium des Processes noch zu schwach auftritt, um schon die Corona-Erscheinung für uns hervorzubringen, das aber doch bereits einen etwas helleren Hintergrund erzeugt, so dass sich das dunkle Mondbild davon abheben kann.

2) Auch bei den nur nahezu totalen und ringförmigen Sonnenfinsternissen, welche die Corona-Erscheinung nicht zur Bildung gelangen lassen, hat man die Bemerkung gemacht, dass, wenn nur noch ein schmales Stück der Sonnensichel vorhanden, und der äussere Mondrand an dem, der breitesten Seite dieser Sichel gegenüberliegenden Punkte, den inneren Sonnenrand (in Ausdehnung von einigen Minuten) genau verdeckt *), ein zarter röthlicher Lichtbogen (also ebenfalls dicht an, aber doch etwas ausserhalb des Sonnenrandes) erscheint, auf welchem die Kantenunebenheiten des Mondkörpers in fein ausgezackter Form sich produciren.

3) Die schon im Jahre 1724 von Maraldi gemachte Beobachtung, dass die Corona nicht mit dem Monde concentrisch war, sondern, bei vollzogener Totalität, anfänglich breiter im Osten, wie im Westen erschien, nachher aber das Umgekehrte eintrat.

Nach dieser, durch wahrgenommene polariscopische Färbungen unterstützten Hypothese, bestände also das Corona-Licht aus Strahlen, die von der Sonnenatmosphäre reflectirt werden, und

*) Der Vollständigkeit wegen erwähnen wir hier noch der s. g. Bailey-Beads, d. h. feiner Auszahnungen oder Kügelchen (kleine Perlen) die mitunter kurz vor dieser Verdeckung des innern (concaven) Sonnenrandes, sich gleichsam von dem äussern (convexen) Mondrande an dieser Stelle absondern zu wollen scheinen.

hätte mit dem Monde, der uns während jener Erscheinung allerdings nur seine verdunkelte Seite zukehrt, nichts zu schaffen.

Eine Atmosphäre des Mondes kommt bei der Sache anscheinend nicht ins Spiel, weil erhebliche Gründe vorhanden sind, die gegen die Existenz einer Mondatmosphäre streiten. Eine solche Atmosphäre oder Mondluft — wenigstens wenn sie mit der unsrigen vergleichbar sein und daher ähnliche Wirkungen äussern sollte — müsste die Eigenschaften der Gase, mithin die Fähigkeit besitzen, Lichtstrahlen zurückzuwerfen, zu brechen und zu schwächen. Auch in den besten Fernröhren und in der Periode, wo, vor und nach dem Vollmonde, uns die Scheibe weniger als halb von der Sonne beleuchtet erscheint, zeigt sich hiervon nichts, wo uns doch kein [bei gewöhnlichen Sonnenbeobachtungen nöthiges] dunkel gefärbtes Blendglas hindert.

Einen noch besseren negativen Beweis geben hierfür die Wahrnehmungen bei der Verdeckung von Fixsternen durch den Mond, namentlich dann, wenn der Stern in den dunklen Mondrand (z. B. beim ersten Viertel) eintritt, und am hellen Rande der Austritt erfolgt; oder auch dann, wenn der Stern zwar nicht verdeckt, jedoch vom Mondrande oft nur in einer, dem feinsten Hagelkorne vergleichbaren Distanz gestreift wird. Wäre nun eine Mondatmosphäre vorhanden (die je näher an der Mondoberfläche je dichter), so müssten die, von dem (unendlich entfernten) Sterne kommenden Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch die Mondatmosphäre gebrochen und an Intensität geschwächt werden. Von einer solchen Lichtschwächung ist aber nie das Mindeste zu bemerken, sondern der Stern bleibt bis zum letzten Augenblicke ungetrübt und verschwindet wie ein Blitz hinter dem, vor ihm hinwegrückenden Monde. Die Brechung des Sternlichts in der Mondatmosphäre müsste andererseits eine kleine Aenderung in demjenigen scheinbaren Orte erzeugen, welchen der Stern unmittelbar vor der grösseren Annäherung des Mondrandes einnahm. Aber auch hiervon lassen unsere schärfsten Instrumente nichts erkennen.

Hiernach würde also die Corona nicht solches Sonnenlicht sein, welches von einem, die Mondkugel atmosphärisch umhüllenden Medium reflectirt wäre.

Dagegen ist es nicht unwahrscheinlich, dass die am Schlusse des vorigen Paragraphen beschriebenen, wandelbaren, neben der Corona noch vorkommenden und in der Zeichnung reichlich vertretenen Lichtstrahlungen durch Bergwände oder Thaleinsenkungen

hervorgerufen werden, welche auf der von uns abgewandten, aber vom hellsten Sonnenlichte beschienenen Mondkugelhälfte in der Nähe des jenseitigen Kugelrandes liegen. Da der Mond während eines einmaligen Umlaufes um die Erde, auch nur einmal um sich selbst rotirt, so kehrt er uns stets dieselbe Seite zu. Schon mässige Fernröhre zeigen die auf der diesseitigen Mondhalbkugel belegenen Berge und ihre Schattenwürfe auf der Mondoberfläche. Die mikrometrischen Messungen dieser Schattenlänge gewähren in begünstigten Mond-Gegenden ein Urtheil über die Höhe der Mondberge, das keinen grösseren Unsicherheiten unterworfen ist, als solchen, mit denen noch unsere Messungen der Höhe mancher Erdberge (z. B. des Chimborassos) behaftet sind. Die Resultate führen dahin, dass auf der diesseitigen Mondhalbkugel Berge sich befinden, die unsern höchsten Erdbergen sehr nahe kommen. Die Mondberge reflectiren das Sonnenlicht äusserst lebhaft und viele der höchsten liegen gerade in der Nachbarschaft des diesseitigen Randes. Es ist daher mehr als wahrscheinlich, dass die von der Erde abgewandte, uns stets unsichtbare Mondhalbkugel ebenfalls nicht ohne Berge sei. Die Wände der jenseitigen Randberge werden nun von der Sonne mit schräger, durch keine Mondatmosphäre getrübt Beleuchtung getroffen, so dass ihr seitlicher heller Reflex für uns auf dem dunklen und nur im Coronalichte dämmernden Himmelsgrunde zur Erscheinung kommt.

§. 30.

Ein anderes, nicht minder interessantes und räthselhaftes, bis jetzt vielleicht noch weniger als die Corona ergründetes Phänomen bei der totalen Sonnenfinsterniss besteht in den s. g. Protuberanzen, d. h. bald runden, bald spitzen, bald zackigen oder hakenförmig überhängenden, bald höheren, bald flacheren, roth oder weiss, auch wohl etwas bläulich gefärbten Rand-Hervorragungen, die sichtbar werden, wenn der Mond die ganze Sonne verdeckt. In der Brasilianischen Zeichnung sieht der Leser deren mehre. Sie sind nicht mit dem im vorigen Paragraphen ad 2 geschilderten Gegenständen zu verwechseln, denn diese Protuberanzen (auch Proeminenzen genannt) erscheinen an mehreren verschiedenen Stellen des Randes gleichzeitig. Vor dem Jahre 1842 scheint dies Phänomen (wo es z. B. Schumacher bei der totalen Sonnenfinsterniss in Wien beobachtete und zeichnete) keine rechte Beachtung gefunden zu haben. Man bezieht es jetzt vielfach (ebenso wie die Corona) auf Medien, welche die Photosphäre

der Sonne umhüllen, und hat es auch wohl in Verbindung gebracht mit Emanationen der (im §. 24 besprochenen) Lichtfackeln und Flecken der Sonne *). Um diese letztere Frage näher zu prüfen, ist es daher erforderlich, den Ort am Sonnenrande, wo jede Protuberanz erscheint, durch Winkelmessung möglichst genau festzustellen, auch ebenso die relative Lage der Flecken und Fackeln vor und nach der Sonnenfinsterniss zu bestimmen. Zu der letzteren Bestimmung können sogar diejenigen Observatorien an dem fraglichen Tage Beiträge liefern, die von der Finsterniss selbst gar nichts sehen, da sich der scheinbare Ort der Flecken nur sehr langsam ändert. Um das Detail der Protuberanzen zu beobachten, bedarf es eines stark vergrößernden Fernrohrs, das dann aber nur ein kleines Gesichtsfeld darbietet, so dass es die ganze Sonnenscheibe auf einmal gar nicht zu fassen vermag. Während so der eine Rand beobachtet wird, kann aber demselben Beobachter eine am entgegengesetzten Rande (oder selbst an einer weniger entfernten Stelle) vor sich gehende, momentane Erscheinung gänzlich entgehen. Dagegen erfordert die Beobachtung der Corona ein anderes Fernrohr, das nur schwach vergrößert, dafür aber ein grosses Gesichtsfeld besitzt; und das ganze Sonnenbild mit möglichst weiter Umgebung gleichzeitig erfasst. — Bei diesen in physischer Beziehung gerade wichtigsten Beobachtungen tritt also recht das Bedürfniss vieler (durch einander nicht gestörter, aber planmässig zusammen wirkender) Beobachter und der verschiedenartigsten Instrumente hervor, da Sehen, Messen, Zeichnen, Zählen und Dictiren an den vor der Uhr sitzenden Schreiber Alles gleichzeitig geschehen muss und in kürzester Frist erledigt sein will.

§. 31.

Der erste Eintritt des Mondrandes in den Sonnenrand ist schwer zu beobachten; es bedarf dazu einer sehr genauen Zeitkenntniss, sowie einer vorgängigen, für jeden Ort (wegen der Parallaxe) besonders anzustellenden Berechnung, namentlich auch derjenigen Stelle des Sonnenrandes, wo die Berührungen

*) Keinenfalls können diese Protuberanzen Mond- oder Sonnenberge sein, denn die Randabstände der Protuberanzen betragen oft mehr wie 2 bis 3 Bogenminuten. Dies führte beim Monde auf die unglaubliche Berghöhe von über 40 Meilen, bei der Sonne aber auf eine Berghöhe von mehr als 16 tausend Meilen. Solche Berge müssten aber unter gewöhnlichen Verhältnissen am Rande überstehend sichtbar werden, was nie beobachtet ist. Die mit den Protuberanzen bis jetzt angestellten wenigen Polarisationsversuche haben noch zu keinem recht befriedigenden Resultate geführt.

Statt finden. Genauer lassen bei fortschreitender Finsterniss die Verdeckungen der etwa sichtbaren Sonnenflecke sich beobachten, und die Spitzen - Abstände der Sonnensichel für bestimmte Zeiten sich messen. Neben diesen Beobachtern arbeitet der Photograph (wovon im nächsten Paragraphen ein Mehres), der (eine grosse Anzahl successiv zu benutzender Platten vorrätig haltend) sich durchaus nicht weiter um die Zeit bekümmern darf, als dass er seinem Schreiber vor der Uhr zur Zeitnotirung die Nummer der Platte zuruft in dem Augenblicke, wo er sie für fertig hält und aus dem Fernrohre herauszieht, um sie an seinen Handlanger (zur weiteren technischen Behandlung) abzugeben, und sogleich, unter Einsatz einer neuen Platte, zu experimentiren fortfährt. Andere Beobachter suchen in den verschiedenen Stadien der Finsterniss die Temperaturwechsel der Luft und den meteorologischen Theil der Sache durch häufige Thermometer-, Barometer- und Feuchtigkeitsmesser-Beobachtungen festzustellen. Hier ist auch noch besonders interessant, die Lichtabnahme durch ein Instrument zu constatiren, das ein System grösserer und kleinerer Brenngläser (oder Brennspiegel) trägt, und durch welches man erfährt, wie lange es bei der immer schmäler werdenden Sonnensichel noch möglich ist, mehr oder minder leicht brennbare Stoffe zu entzünden.

§. 32.

Die vorhin erwähnten Photographien der theilweise verfinsterten Sonne haben aber nur dann einen wahrhaft wissenschaftlichen Werth, wenn es möglich ist, sie in der nöthigen Schärfe so rasch zu erzeugen, dass die in den verschiedenen Phasen gewonnenen Bilder, in der That auch als gleichzeitige für die, bei ihnen notirten Beobachtungsmomente gelten können, indem schon nach wenigen Augenblicken die Phase sich merklich ändert. Sollte diese erforderliche Schnelligkeit erreicht werden, so dass die naturgetreue photographische Aufzeichnung vielleicht die besten Mikrometer-Messungen überträfe, so wäre dadurch allerdings viel gewonnen.

Die Schwierigkeiten sind aber hierbei, wie wir gleich sehen werden, beträchtlich, und da dieser Punkt vielleicht bei einigen Lesern besonderes Interesse erregt, so haben wir uns dabei eine kleine Abschweifung erlauben zu dürfen geglaubt.

Schon bald nach Erfindung der Daguerreotypie begannen Versuche, die neue Kunst zur bildlichen Darstellung der Gestirne

anzuwenden. Man wählte dazu vornehmlich den hellen Mond, als denjenigen Himmelskörper, dessen Oberfläche durch Teleskope bereits am meisten erforscht war und dessen durch gewöhnliche Zeichnung und Plastik bekannte Formen die sichersten Anhaltspunkte für Vergleichung mit den auf photographischem Wege erhaltenen Bildern abgeben konnten.

Mit den letzteren war man jedoch längere Zeit hindurch wenig glücklich, und es zeigte sich unter anderen Unzuträglichkeiten namentlich auch die, dass, wenn man das auf der präparirten Silberplatte erzeugte Lichtbild durch mikroskopische Vergrößerung betrachtete, eben hiedurch alle kleinen Unebenheiten und Unvollkommenheiten der Platte und ihrer Textur vergrößert erschienen und dadurch eine Verzerrung der Bilder bewirkt wurde, die auf diesem Wege wenig Brauchbares gewinnen liess.

Eine andere Schwierigkeit der guten Lichtbild-Erzeugung lag in der Aufstellung und Bewegung der zu der fraglichen Operation benutzten Fernröhre. Es ist bekanntlich für photographische Darstellung ein Hauptforderniss, dass der Gegenstand, um dessen Abbildung es sich handelt, während der Zeit möglichst unbeweglich bleibt, welche das von ihm ausgehende Licht gebraucht, um sich auf die Platte zu einem Bilde einzuätzen. Die Gestirne des Himmels stehen aber keinen Augenblick still, sondern bewegen sich — vermöge der Rotation der Erde — an der Himmelskugel von Ost und nach West, und zwar um so schneller, je näher sie dem Aequator stehen. In Fernröhren wird diese scheinbare Bewegung um so merklicher, je kraftvoller die eingesetzte Vergrößerung gewählt ist. Befestigt man also die Silberplatte oder das sonstige Präparat an dem Ocularende des Fernrohres, durch dessen Objectivglas das Sternbild aufgefangen wird, so ist es, um zur Ausgleichung der vorgedachten Bewegung zu gelangen und um letztere in einen Stillstand des Bildes zu verwandeln, erforderlich, das Fernrohr während der Dauer der Operation genau in die nämliche Bewegung zu versetzen, die das Gestirn am Himmel verfolgt und durch Versuche zu ermitteln, wie bald man den geöffneten Deckel des Objectivglases wieder verschliessen muss, um die Bilder nicht zu schwach und nicht zu stark eingeätzt zu erhalten.

Auf den besseren europäischen und amerikanischen Sternwarten befanden sich nun zwar bereits seit einigen Decennien grössere Telescope, welche den Bewegungen der Gestirne durch das Getriebe eines Uhrwerks folgen. Die Regulirung des letz-

teren erwies sich aber in den meisten Fällen als nicht genau genug, um für photographische Zwecke völlig und namentlich da auszureichen, wo es sich um Copirung des Mondes handelte, der ausser der, durch die Axendrehung der Erde bewirkten scheinbaren Bewegung noch eine eigene wirkliche, der letzteren entgegengesetzte, bald langsamere, bald schnellere Motion ewig wechselnd besitzt.

So lag diese Angelegenheit, bis man neuerdings in der Anwendung des rascheren s. g. Collodium-Prozesses ein besonders wirksames Hilfsmittel für die Photographie erhielt.

Auf dem Observatorium des Harvard College zu Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika gelang es jetzt dem Professor Bond, unter Zuziehung zweier sehr geschickten Daguerrotypisten von verschiedenen Doppelsternen (namentlich Mizar, Castor und Wega) so schöne Bilder zu liefern, dass die Duplicität der Sterne durch eine nur wenig den Abdruck vergrössernde Loupe deutlich erkannt und gemessen werden konnte, und auf diese Weise ein ebenso gutes Resultat erhalten wurde, als die bisherig mikrometrischen Messungen jener Sternpaare ergeben hatten. Die so auf photographischem Wege erhaltenen Abbildungen und Messungen müssen aber, wenn sie genau sind, vor den bisherigen, auf dem Papiere nur durch Zahlen darstellbaren Distanzen und Positionen der fraglichen Sterne den Vorthail haben, dass sie unseren Nachkommen in naturgetreuer Copie überliefert werden, und so bei künftig beobachteten Aenderungen jener Distanzen und Positionen jeder die älteren Bilder selbst nachmessen kann, um solche zur Bahnberechnung und zur Berechnung der Umlaufszeit jener Sternpaare um ihren gemeinsamen Schwerpunkt zu benutzen.

Auch in England hat man angefangen, diesem neuen Aufhülfsmittel der Sternkunde die grösste Aufmerksamkeit zu schenken, und der königliche Astronom von England, Mr. Airy, hat keinen Anstand genommen, in Versammlungen der astronomischen Societät in London zu erklären, dass bei der zu erwartenden und zu erstrebenden Vervollkommnung der photographischen Technik hier grosse Erfolge in Aussicht stehen können. Ein Mitglied der Societät, Mr. Warren de la Rue, hat seitdem sehr schöne Photographien der Mondoberfläche geliefert. Er ist dabei zu der Entdeckung gelangt, dass, eben so wie bei der photographischen Darstellung irdischer Objecte, die Bilder bei schräger Beleuchtung des Abends und Morgens nicht so gut gelingen, auch

auf dem Monde diejenigen Theile der Oberfläche sich weniger leicht abbilden lassen, wo für die fragliche Mondgegend die Sonne eben auf- oder untergeht. Fast noch interessanter sind die Bemerkungen, die er über die Einwirkung der Planeten Jupiter und Saturn auf den photographischen Prozess gemacht hat. Seiner Erfahrung nach ist das Licht des Jupiters an sich beinahe dreimal schwächer, als das Mondlicht, und doch übt z. B. das Jupiterlicht eine ungleich stärkere und raschere chemische Wirkung als das Mondlicht aus.

Von einer Vervollkommnung des photographischen Prozesses sind möglicher Weise auch die wichtigsten Aufschlüsse im Gebiete der eigentlichen Photometrie (d. h. Messung der Lichtstärke der Gestirne) zu erwarten, als eines Zweiges der Wissenschaft, der sich noch gänzlich in der Kindheit befindet.

Sollte es beispielsweise aus der Bestimmung der kürzeren oder längeren Zeit, die die verschiedenen Fixsterne gebrauchen, um ihr Bild der Platte einzuätzen, gelingen, an dem Lichte Eigenschaften zu entdecken, aus denen wir auf die Zeit und die Räume schliessen können, die es durchlaufen hat, oder auf die Intensität, die es an seiner Quelle besitzen muss, so wäre dadurch eine neue Bahn für die Forschung bezeichnet.

Spannen wir in dieser Beziehung die Hoffnungen nicht zu hoch, vergessen wir aber andererseits nicht, dass man z. B. bei der (im Jahre 1811) erfolgten Entdeckung der Polarisation des Lichtes und der solchergestalt gegebenen Möglichkeit, durch Polarisations-Erscheinungen directes Licht von reflectirtem Lichte zu unterscheiden, auch nicht sofort an die Anwendungen dachte, welche in den §§. 25 und 26 besprochen sind.

§. 33.

Wenn bei bis dahin ruhiger Luft die Finsterniss bald zur Totalität übergehen will, oder (bei ringförmigen Finsternissen) kurz vor Bildung des Ringes, pflegt sich der s. g. Finsternisswind zu erheben, der in der Richtung des Finsternisslaufes (also im Allgemeinen im west-östlichen Zuge) an der Erdoberfläche streicht. — Die Erscheinung steht wohl mit der Temperatur-Abnahme in Verbindung. Die mehr nach Westen belegenen Erdorte (für welche die grösste Phase, und dadurch die stärkere Wärme-Entziehung bereits eingetreten, während sie es für die östlicheren Landstriche noch nicht ist) sind schon etwas mehr abgekühlt, als die östlicheren. Jeder weiss, dass, wenn in einem

warmen Zimmer die nach einem kalten Zimmer führende Thür geöffnet wird, der kalte Luftstrom sich sofort an den Füßen der im warmen Zimmer befindlichen Gesellschaft spüren lässt. Die Temperatur strebt eben zur Ausgleichung zu gelangen. In den oberen Schichten bewirkt sie letzteres durch eine entgegengesetzte Strömung, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man in der Thüröffnung drei offen brennende Lichter, eins am Boden, eins in der Mitte und eins möglichst oben befestigt, wo dann die obere und untere Flamme nach entgegengesetzten Richtungen wehen, während die mittlere fast gar nicht afficirt wird.

§. 34.

Auch wenn die Finsterniss für einen Ort total geworden, wird doch daselbst keineswegs eine vollständige Dunkelheit bemerklich, dagegen nehmen der Himmel und die Gesichter der Beobachter eine eigenthümliche Färbung an. Dass die Dunkelheit nicht vollkommen, sondern nur der Dämmerung vergleichbar ist, erklärt sich (abgesehen von dem Vorhandensein der Corona) einfach aus dem Reflexe des Sonnenlichtes in den entfernteren Schichten unserer Erdatmosphäre. Besässe letztere statt einer Durchscheinbarkeit eine vollständige Durchsichtigkeit, so würde, sobald die Sonne aufgegangen, Tag (aber blendender Tag) nur an denjenigen Stellen entstehen, die unmittelbar von den Sonnenstrahlen getroffen werden, dagegen würde zugleich im Schatten unserer Häuser die tiefste Nacht herrschen und die Sterne würden hier sichtbar bleiben. Ein allmäliger Uebergang von Tag in Nacht, wie ihn uns die Dämmerung darbietet, könnte nicht existiren. So aber ist unsere Atmosphäre nur durchscheinbar, d. h. sie lässt einen Theil der Lichtstrahlen durch sich hindurchgehen, während sie einen anderen Theil derselben in ähnlicher Erscheinung zurückwirft, wie das z. B. eine weisse Kalkwand thut. Einem Erdorte also, der z. B. nahezu um Mittag die Sonnenfinsterniss hoch am Himmel total sieht, und der mithin von directem Sonnenlichte nicht getroffen wird, werden dennoch von allen dem Horizonte näheren atmosphärischen Schichten (für welche also gar keine oder doch nur eine partielle Finsterniss stattfindet, die mithin allerdings von der Sonne noch direct beschienen sind) eine Menge Reflexstrahlen zugesandt, die dann den Eindruck der vollständigen Dunkelheit verhindern. Auch ist es bekannt, welche verschiedene Färbungen gerade die in den horizontalen Luftschichten gebrochenen und

von dort reflectirten Lichtstrahlen erleiden. Nur dieses seitliche, diffuse Licht, mit seinem Gemisch von zahllosen Farben-Nüancen, trifft aber bei der Finsterniss in der Lage, wie wir diese oben angenommen, den Beobachter und die ihm benachbarte Landschaft. Die vorhin erwähnten eigenthümlichen, mitunter livide oder bleifarbig werdenden Färbungen scheinen daher im Allgemeinen wohl erklärlich.

Ein besonders gutes Prüfungsmittel für den Dunkelheitsgrad bei einer totalen Sonnenfinsterniss liefert die Untersuchung, ob und welche grössere Fixsterne und hellere Planeten bei dieser Gelegenheit dem unbewaffneten Auge sichtbar werden. Der Ort an der Himmelskugel, an welchem diese Gestirne zu der fraglichen Zeit aufzusuchen, muss dann allerdings wenigstens ungefähr bekannt, die Angelegenheit daher auch in dieser Beziehung vollständig präparirt sein.

§. 35.

Endlich hat man den Vorschlag gemacht, die Totalitätsdauer der Sonnenfinsterniss zur Aufsuchung solcher Planeten zu benutzen, welche etwa die Sonne noch näher umkreisen, wie der Planet Merkur*). Die Sache ist an sich allerdings von hoher wissenschaftlicher Bedeutung, und die Gelegenheit in optischer Beziehung günstig. Allein, wenn eine solche Recherche fruchtbar sein soll, so erfordert sie viele, nur für diesen Specialzweck zusammenwirkende gewandte Beobachter. In dieser Beziehung pflegt es aber ohnehin meist spärlich genug auszusehen, und noch vor einem halben Jahre würde man es jenen wenigen Leuten wahrscheinlich nicht empfohlen haben, einer höchst hypothetischen Angelegenheit, alles Uebrige zu opfern, was die seltene totale Sonnenfinsterniss sonst Lehrreiches und Reelles darbietet. Anders verhält es sich mit diesem Punkte allerdings seitdem Leverrier im vorigen Jahre durch die in dem Merkurlaufe gefundenen, sonst unerklärbaren Störungen auf die Wahrscheinlichkeit der Existenz solcher submerkurischen Planeten rechnungsmässig hinwies und im Anfange des Jahres 1860 der Pariser Academie der Wissenschaften eine Abhandlung vorlegte, wonach ein kleiner kreisrunder Fleck, den der Doctor Lescarbault zu

*) Im Planeten-Systeme folgt auf die Erdbahn (nach der Sonne zu) erst die Venusbahn in etwa 16 Millionen Meilen und dann die Merkursbahn in ungefähr 8 Millionen Meilen von der Sonne.

Orgères am 26. März 1859 vor der Sonnenscheibe in einer so raschen Bewegung und in einer Richtung vorüberziehen sah, wie sie die in §. 23 gedachten eigentlichen Sonnenflecke nie zeigen — sehr füglich ein solcher Planet gewesen sein konnte. Indessen lässt sich (aus Gründen, deren Erörterung hier zu weit führen würde) aus einer derartigen einmaligen Beobachtung nur eine höchst mangelhafte und unsichere Planetenbahn-Bestimmung ableiten. Auch mag es nicht unerwähnt bleiben, dass, nachdem die Kunde von der Lescarbault'schen Beobachtung nach Amerika gelangt war, der (bereits in §. 28 genannte) Astronom Liais mit der Behauptung auftrat, dass er in der Nähe von Rio de Janeiro gerade an demselben Tage und zur selben Zeit, wie Lescarbault die Sonne (sogar mit einem noch stärkeren Fernrohre) zu anderen Zwecken beobachtet, aber bei dieser Gelegenheit nichts von jenem rasch ziehenden Flecke gesehen habe. Liais ging sogar so weit, die ganze Sache als reines Fabrikat zu brandmarken. Das ist sie nun wohl nicht, und es möchte viel dazu gehören, um einen Le Verrier mit einer derartigen Beobachtung zu dupiren! Auch stimmen ältere, erst jetzt auf eine solche Bedeutung geprüfte Beobachtungen von aussergewöhnlich rascher Bewegung (vermeintlicher) Sonnenflecke (namentlich aus den Jahren 1800 *), 1802 und 1809) in so überraschender Weise mit der Lescarbault'schen Wahrnehmung überein, dass hier schwerlich eine absichtliche oder unabsichtliche Täuschung von Seiten des Letzteren vorliegt. Auf der anderen Seite (und ganz abgesehen von Liais' Behauptung) steht aber auch so viel fest, dass der fragliche und seitdem noch nicht wiedergesehene Planet keineswegs als disponibles Eigenthum der Wissenschaft schon jetzt angesehen werden kann.

§. 36.

Ein anderes Mittel, um zu einer Schätzung der Lichtabnahme u. s. w. während der Sonnenverfinsterung zu gelan-

*) Da die wichtige Beobachtung des Pastors Fritsch zu Quedlinburg vom 29. März 1800 selbst unter Astronomen wenig bekannt zu sein scheint, so erwähne ich sie ausdrücklich. Sie steht: Bode Astronom. Jahrbuch für 1805 pag. 240. Hier-nach scheint mir dieser Planet eine (siderische) Umlaufszeit von 37 Tagen und $16\frac{3}{4}$ Stunden zu besitzen. Die in dem ersten Le Verrier'schen Memoire gegebene Zeit von etwa 19 Tagen und 17 Stunden würde zu dem misslichen Resultate führen, dass dieser Planet in kürzerer Zeit seinen Bahnumlauf um die Sonne vollendete, als letztere zu einer einmaligen Rotation bedarf.

gen, besteht in der sorgfältigen Beobachtung der Bewegung solcher Pflanzen, welche sich bei Lichtentziehungen und bei Aenderung des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre sehr empfindlich zeigen. Bei der totalen Finsterniss im Jahre 1842 wurde beobachtet, dass die Blätter von *Acacia Julibrissin*, die sich beim ersten schwachen Beginn der Finsterniss bereits geöffnet hatten, sich während der Totalität wieder schlossen. *Convolvulus tricolor* schloss sich, ebenso *Colutea sutherlandia frutescens*. Dagegen blieben die Mimosen geöffnet. Wenn derartige Versuche mit Umsicht angestellt werden, so können daraus wichtige photometrische Resultate geschöpft werden, denn das hier zur Vermittelung verwendete Object ist nicht ein Fabrikat menschlicher Kunst, sondern ein Gotteswerk.

§. 37.

Die Einwirkung der Sonnenfinsterniss zeigt sich endlich nicht nur auf die Pflanzen-, sondern auch auf die Thierwelt. Nicht bloß die Insecten, Vögel und Hausthiere werden dadurch in bereits vielbeschriebener Weise afficirt, sondern auch der s. g. Herr der Schöpfung, der stolze Mensch, wird davon unwillkürlich ergriffen. Der Unterschied mag allerdings ein erheblicher sein zwischen dem Eindrucke, der sich eines unwissenden, abergläubischen Volkes bemächtigt, das in stummer Verzweiflung die Hände ringt und heulend hin und herläuft, und zwischen dem Gebahren des hochgebildeten Mannes, der, die genaue Vorausberechnung in der Linken, das scharfschlagende Chronometer in der Rechten und das Auge am Riesenfernrohre, das erhabene Schauspiel beobachtet. Aber auch seiner muss sich eine andachtsvolle Gemüthsstimmung und das Gefühl der tiefsten Demuth gegen Gott bemächtigen. Ist es nicht so mit ihm bestellt, dann beneiden wir ihn weder um seine Kenntnisse, noch um seine Instrumente!

Zweites Kapitel.

Von der am 18. Juli 1860 eintretenden Sonnen-
finsterniss im Besondern.

§. 38.

Wir deuteten bereits in dem Vorworte an, dass diese Finsterniss für eine Zone Spaniens zur totalen sich gestaltet. Kein anderer Strich des gesammten europäischen Festlandes nimmt an der Totalität Theil. Auf der anderen Seite ist aber auch wieder kein Punkt in ganz Europa, für welchen nicht eine grössere oder kleinere Partialfinsterniss entstände. Selbst die nördlichsten Theile von Skandinavien und von dem europäischen Russland werden noch eine 4- bis 5-zöllige (§. 17) Finsterniss haben. Für Hannover (worüber im folgenden Paragraphen das Nähere) werden noch etwas mehr als zwei Drittheile der Sonnenscheibe verfinstert. Ausser Spanien kommen noch Nordamerika und Nordafrika für die Totalität in Frage.

Unter Zugrundelegung der erwähnten Hansen'schen Mond- und Sonnentafeln haben mehre Astronomen eine neue Vorausberechnung unternommen, und dadurch eine nicht unbeträchtliche Abweichung von derjenigen Totalitätszone gefunden, die vor dem Jahre 1857 (als die Hansen'schen Mondtafeln noch nicht edirt waren) herausgebracht war.

Hiernach wird, was zunächst Nordamerika betrifft — als das Land, in welchem (da der Mond von Westen her und nach Osten hin vor der Sonne vorbeigeht) die Erscheinung natürlich früher, wie in Europa eintritt — die Linie der centralen Verfinsterung an der nordamerikanischen Westküste südlich bei Fort Baker einschneiden und nach der Hudson-Bai ziehen, in welche sie südlich von der Mündung des Hill River bei Fort York eintritt. In diese Gegenden wollen die Amerikaner drei verschiedene Expeditionen, vom 56sten bis 60sten Breitengrade*), senden zu einer Zeit, wo dort noch ausserordentlich viel Eis und Kälte

*) Dieselbe Gegend, wo Franklin verunglückte.

herrscht. Diese Expeditionen werden von der Hudson's Bay Company unterstützt. Es wird also selbst in diesen unwirthlichen Gegenden für einige wissenschaftliche Beobachter gesorgt sein.

Ueber die Hudson-Bai, durch Labrador sich südöstlich absenkend, durchzieht die Centrallinie mit ihrem Kernschatten das atlantische Meer und erreicht nun Spanien.

Für dieses — als das für die Beobachtung wichtigste — Land wird die nördliche Grenze der Totalitätszone etwas östlich vom Cap Machichaco eintreten, westlich an Pampelona und Castillo über Luna und Flix ziehen, etwas östlich vom Cap Tortosa ins mittelländische Meer treten, die Insel Mallorca westlich von Palma durchschneiden, Afrika östlich von Jigeli betreten und über Constantine ziehen.

Die Central-Linie in Spanien geht über St. Vincente, Lumbreras, Calatayud, Aliaga und Oropesa, schneidet die Insel Iviça etwas südwestlich von der Nordküste und tritt bei Cap Dellys in Algerien ein.

Die Südgrenze der Totalitätszone für Spanien endlich geht etwas nördlich über Palencia, durch Ayllon, Carlet, Paudia, Oliva, Cap la Nao und tritt mitten zwischen Blida und Algier in Afrika ein.

Der ganze Lauf des Ebro fällt mit Ausnahme der Partie zwischen Mequinenza und Miravet in den Totalitätsgürtel.

Die französischen Expeditionen stehen — wie wir hören — unter der Oberleitung des Astronomen Faye und der Plan ist unter Le Verrier's Mitwirkung festgestellt.

Der Königliche Astronom von England scheint sich nach Reynosa, südlich von Santander, wo die dortigen Bergketten viele günstige Positionen darbieten, begeben zu wollen. Ihm werden sich die von Russland deputirten Astronomen aus Pulcowa (der Staatsrath Otto v. Struve und Dr. Winnecke) anschliessen. Der von der russischen Regierung entsandte Staatsrath Mädler aus Dorpat reist nach Vittoria. — Auch verschiedene namhafte Amateurs der Wissenschaft (darunter Carrington und Warren de la Rue aus England) beabsichtigen behuf dieses wichtigen Zweckes nach Spanien zu gehen. Die Admiralität von England ist bereit, mit einem Dampfschiffe diejenigen zu befördern, welche in der Biscaya-Bai sich ausschiffen wollen.

Von bekannten Namen werden sodann noch Lamont aus München und Secchi aus Rom in Spanien erwartet.

Ob aber auf diese Weise wirklich vierzig Astronomen, die von Le Verrier als Minimum gewünscht werden, zusammenkommen, steht dahin. Ein Ueberfluss an Beobachtern wird nicht da sein, und ist daher der Beitrag eines Jeden höchst willkommen, sowie zu wünschen, dass noch mehre zur Reise nach Spanien (das ja bei den jetzigen Communicationsmitteln so leicht zu erreichen) sich entschliessen und resp. dazu in den Stand gesetzt werden möchten.

Von Seiten des spanischen Gouvernements sind zufolge officieller Bekanntmachung des Directoriums der Madrider Sternwarte alle möglichen Erleichterungen zugesagt. Zunächst werden keine Zollabgaben für die von den auswärtigen Astronomen mitzubringenden Instrumente entrichtet; ausserdem sind alle Local-Obrigkeiten angewiesen, auf Erfordern jenen reisenden Gelehrten thätigen Beistand zu leisten und namentlich für sicheres Geleit zu sorgen. Endlich sollen die, der Finsternisszone zunächst belegenen Universitäten alle gewünschten meteorologischen Aufschlüsse behuf zweckmässiger Auswahl der Beobachtungsstationen ertheilen, ihre Mitglieder sollen die auswärtigen Beobachter dahin auf etwaigen Wunsch begleiten, und auf Einladung der letzteren sich mehr oder weniger activ bei den Operationen betheiligen.

§. 39.

Nach denselben Tafeln sind für die nachfolgenden Orte folgende Anfangs- und Endzeiten der Finsterniss berechnet und in wahrer*) Ortszeit zu verstehen. Um diese Zeiten auf mittlere Zeit (also auf die Zeit, wonach im bürgerlichen Leben gerechnet wird) zu bringen, hat man zu allen Angaben 5 Minuten 55 Secunden zu addiren. Die Grösse der Verfinsterung ist dabei so angenommen, dass die ganze Sonnenscheibe 120 Theilen gleich gesetzt ist (cf. §. 17).

Namen des Orts	Anfang	Ende	Grösse
Algier . . .	2 ^h 12 ^m 12 ^s	4 ^h 31 ^m 48 ^s	121
Altona . . .	2 22 24	4 26 12	82
Berlin . . .	2 41 24	4 42 18	78
Bonn . . .	2 11 24	4 20 24	90
Burgos . . .	1 26 6	3 50 12	121
Dorpat . . .	3 39 6	5 21 42	57

*) Wahre Zeit ist diejenige, welche eine gut orientirte Sonnenuhr anzeigt.

Namen des Orts	Anfang	Ende	Grösse
Genf . . .	2 ^h 12 ^m 48 ^s	4 ^h 25 ^m 18 ^s	99
Göttingen . . .	2 25 6	4 30 12	84
Greenwich . . .	1 32 54	3 48 42	99
Hannover*) . . .	2 25 7	4 29 59	84
Iviça . . .	1 59 48	4 19 24	122
Königsberg . . .	3 14 0	5 5 36	67
Leiden . . .	1 55 54	4 6 30	91
Madrid . . .	1 29 24	3 53 48	117
Marseille . . .	3 13 36	4 28 0	108
München . . .	2 38 24	4 43 42	88
Nicolajeff . . .	4 20 30	6 3 30	64
Padua . . .	2 42 54	4 50 42	92
Palermo . . .	3 3 0	5 10 18	103
Pampelona . . .	1 36 54	4 58 42	118
Paris . . .	1 48 54	4 3 48	100
Pulcowa . . .	3 54 6	5 32 30	53
Stockholm . . .	2 55 42	4 46 30	64
Warschau . . .	3 20 0	5 12 48	70
Wien . . .	3 2 36	5 2 36	81

Im Uebrigen haben die hier angegebenen Zeitsecunden keine strenge Bedeutung, da eine Rechnung, die zunächst nur bezweckt, den Beobachter zu leiten, keine grössere Genauigkeit, als etwa die Minute zu garantiren braucht. Anders ist es, wenn man die Beobachtung des Anfangs und Endes der Sonnenfinsterniss an zwei verschiedenen Orten dazu benutzen will, um daraus den Unterschied der geographischen Längen beider Orte (oder den s. g. Mittagsunterschied) zu bestimmen. Dann muss die Rechnung nachträglich sehr viel genauer geführt und die Parallaxenwirkung (§. 14 am Ende) dabei rechnungsmässig beseitigt werden. So beträgt z. B. der bereits anderweit sehr genau bekannte Mittagsunterschied zwischen (den Sternwarten von) Paris und Berlin in Zeit: 44 Minuten und 14 Secunden. Wäre aber in Paris und Berlin genau so beobachtet, wie oben berechnet, mithin:

	Anfang:	Ende:
Berlin	2 ^h 41 ^m 24 ^s	Berlin 4 ^h 42 ^m 18 ^s
Paris	1 48 54	Paris 4 3 48
Unterschied	0 ^h 52 ^m 30 ^s	Unterschied 0 ^h 38 ^m 30 ^s

*) Bis auf Hannover (für welchen Ort die Angabe auf der eigenen Rechnung des Verfassers beruht) sind die Berechnungen des Dr. Wolfers zu Berlin hier wiedergegeben.

so folgt aus Anfang und Ende ein sehr verschiedenes Resultat, das eben noch durch die Parallaxen-Rechnung zu purificiren wäre. Wollte man dagegen die correspondirenden Beobachtungen einer Mondfinsterniss zur Bestimmung des geographischen Längenunterschiedes jener beiden Orte wählen, so würden, da für die Mondfinsterniss keine Parallaxe in Frage kommt, sondern das Phänomen an allen Orten ein gleichzeitiges ist, aus Anfang und Ende sich die nämlichen Mittagsunterschiede ergeben müssen, die dann die gesuchte Längendifferenz sofort und direct repräsentiren. Die Mondfinsterniss gewährt mithin zu solchen Zwecken an sich ein viel bequemerer Mittel, als das eben ungleichzeitige Phänomen der Sonnenfinsterniss, für welches eine recht mühsame und zeitraubende Rechnung die Gleichzeitigkeit erst künstlich herbeischaffen muss. Leider ist aber die genaue Beobachtung einer Mondfinsterniss ausserordentlich schwierig, und in voller Schärfe unmöglich, indem dabei der Mondrand nicht mit einem scharf abgegrenzten Körper in optische Berührung kommt, sondern durch den, in seinen Contouren wegen des Halbschattens (§. 9 Note 2) sehr verwaschenen und unbestimmten Kernschatten der Erde getroffen wird.

Kehren wir nach dieser Betrachtung zurück zu den ferneren Angaben für die Sonnenfinsterniss des 18. Juli 1860. Der Anfang auf der Erde überhaupt beginnt in Nordamerika zu einer Zeit, wo es in Berlin 42 Minuten nach Mittag ist; der Erdpunkt, der die Finsterniss von allen zuletzt enden sieht, liegt ungefähr in der Mitte von Afrika. Es ist dann für Berlin (für welches dann aber die Finsterniss schon ganz aufgehört hat) 5 Uhr 45 Minuten Nachmittags. Die Dauer der Finsterniss für die Erde überhaupt beträgt also 5 Stunden und 3 Minuten. Um die Berliner Zeit auf Hannoversche Zeit zu bringen, hat man von der Berliner Zeit $14\frac{1}{2}$ Minuten zu subtrahiren.

Die Dauer der Finsterniss (vom ersten Anschnitt bis zum letzten Ränder-Contacte) für die pyrenäische Halbinsel überhaupt beträgt 2 Stunden 43 Minuten. Die Schnelligkeit, mit welcher der Mondschatten über die Erdoberfläche hinjagt, ist ungefähr 7 geographische Meilen in der Zeitminute, so dass der Schatten-Mittelpunkt die Traverse durch Spanien in $19\frac{1}{2}$ Minuten zurücklegt. Die Breite der Totalitätszone hält etwa 27 geographische Meilen. An keinem Orte der Erde wird die Totalitätsdauer länger sein als 3 Minuten 20 Secunden (vergl §. 17). Die Zeit der grössten Verfinsterung (auch für diejenigen Orte, die nur eine

partiale Finsterniss sehen) ist übrigens nicht genau das Mittel zwischen Anfang und Ende, sondern trifft ungefähr 3 Minuten später als dies Mittel ein. Der Hauptgrund für diese Verspätung liegt in dem Umstande, dass bei der, während der Dauer des Phänomens eintretenden Höhenänderung (§. 15 am Ende) des Mondes, seine von der Parallaxe herrührende optische Verschiebung sich in ungleicher Weise ändert.

§. 40.

Ausserdem hat man für die Zeit des Einfalls des Neumondes 3 Uhr Nachmittags mittlere Hannoversche Zeit in runden Zahlen:

Scheiben-Durchmesser des Mondes	32 Min. 39 Sec.	} (cf. §. 6 am Ende.)
„ „ der Sonne	31 „ 31 „	

Horizontal-Parallaxe des Mondes (§. 15) 59 Min. 49 Sec.

Entfernung der Erde von der Sonne = 21 Millionen und 16 Tausend 8 Hundert geographische Meilen;

Entfernung des Mondes*) von der Erde = 49 Tausend	} (§. 10.)
und 390 Meilen;	

Länge des Mondkernschattens = 51 Tausend 120 Meil.)

Auf den Erdmittelpunkt bezogen, steht der Mond zu Anfang der Erscheinung etwas nördlicher als die Sonne und ist, allmählig etwas südlicher werdend, in der Annäherung zu seinem (niedersteigenden) Knoten (cf. §. 12 Note) begriffen, den er aber erst nach Mitternacht vom 18. auf 19. Juli erreicht.

Die helleren Planeten befinden sich alle, bis auf Mars, in grosser Nähe der Sonne. Mercur und Saturn (nur 3 Grade von einander) einige 20 Grade östlich von ihr; Jupiter nur 8 Grad östlich, und Venus sogar nur $5\frac{1}{2}$ Grad südlich. Zeichnet man die Sonne mit 116 Grad Länge in eine Sternkarte, so wird man sich überzeugen, dass sich sehr viele Sterne erster Grösse über dem Horizonte befinden, darunter in grösserer Nähe der Sonne: Regulus, Spica und Procyon. Wo die Finsterniss total ist, steht daher die Sache in dieser Beziehung günstig. Für

*) Wir nehmen hier Gelegenheit, zu der, in den §§. 1 und 4 erwähnten Entfernung des Mondes von der Erde eine Bemerkung nachzutragen, die zur Veranschaulichung jener Entfernung gereichen kann. Ein Eisenbahnzug, der ohne irgend welchen Aufenthalt 6 geographische Meilen in der Stunde führe, würde in runder Zahl gerade ein Jahr gebrauchen, um eine der Mond-Entfernung gleiche Distanz zurückzulegen. Denn 365 Tage sind 8760 Stunden und die letzte Zahl mit 6 multiplicirt, giebt 52,560 Meilen.

Deutschland wird, bei der nur partialen Finsterniss, kein Stern dem freien Auge sichtbar werden können.

§. 41.

Endlich mögen (soweit es in dem ersten Capitel noch nicht geschehen) einige Andeutungen für solche Liebhaber folgen, die zwar keine regelrechte astronomische Beobachtung des Phänomens anstellen wollen, die aber doch, bei gehöriger Vorbereitung, mitunter recht dankenswerthe Beiträge liefern können.

A. Besitzt man zur Beobachtung kein, mit einem dunkelfarbigen Blendglase versehenes Fernrohr, so leistet das bekannte Mittel eines durch Lampenruss geschwärzten Planglases schon recht gute Dienste, und zwar um so besser, je freier das gewählte Glas von Blasen oder sonstigen Unebenheiten ist, die nur zur Verzerrung des Sonnenbildes dienen würden. Auch thut man wohl daran, das Glas nicht überall gleich stark über der Flamme anlaufen zu lassen, um bei Zunahme der Finsterniss durch die weniger stark angelaufenen Stellen des Glases noch scharfe, reine Bilder zu erhalten.

Sehr schön weiss gefärbt werden die letzteren, wenn man das Blendglas aus zwei übereinander gelegten Gläsern von s. g. complementären Farben anfertigt, z. B. aus einem rothen und einem grünen Glase, oder aus einem blauen und einem braunen Glase. Fasst man diese Gläser in einen recht breiten, mit einem Handstiele versehenen Papp- oder Holzring ein, so hat man ausserdem noch die Annehmlichkeit, dass die Augen nicht schon durch die Sonnenstrahlen vor Beginn der Sache bei dem Aussehen nach dem Phänomen belästigt und ermüdet werden.

Der Anfang der Finsterniss lässt sich auf diese Weise auf etwa 10 Secunden genau beobachten, falls der westliche Sonnenrand scharf im Auge behalten wird. Wenn man dann auch die absolut richtige Zeit nicht genauer kennt, als sie z. B. die öffentlichen Uhren mancher grösseren Städte gemeiniglich geben, so kann man doch, falls demnächst das Ende ebenfalls so gut als mit einem solchen Glase möglich aufgefasst wird, über die relative Dauer der Finsterniss sich ein ziemlich zutreffendes Urtheil bilden. Eine grössere Genauigkeit lässt sich schon durch einen gewöhnlich einfachen Operngucker erreichen, bei dem man das Blendglass nicht zum Vorschrauben, sondern (zur leichteren Entfernung für die nachfolgenden Beobachtungen) nur zum Vorstecken schieberartig anbringen lässt.

1) Steht für die Beobachtung eine in weiter (nach Westen hin ganz freier) Ebene belegene isolirte Anhöhe zur Disposition, so beachte man kurz vor Beginn der Finsterniss, ob bereits auf der Erdoberfläche oder dem Meere der von Westen her heranjagende dunkle Schatten des Mondes sich projecirt.

2) Wenn die Finsterniss ihre verschiedenen Phasen der Bildung und Rückbildung durchläuft, und man Anhaltspunkte für die verschiedenen Dunkelheitsgrade gewinnen will, so erforsche man:

a. auf welche Distanz vom Auge lässt sich Druckschrift von verschiedenen Lettergrössen noch lesen; kann man, falls die Buchstaben nicht mehr deutlich, doch wenigstens die Zeilen noch erkennen?

b. man halte eine brennende Kerze in die Linie zwischen Auge und Sonne und schätze nun (wenn man das Licht nach links oder rechts bewegt), auf wie viele Sonnenbreiten-Distanz von der Linie man die Flamme sehen kann.

3) Wie lange kann man mittelst eines recht kleinen und eines etwas grösseren Brennglases noch Zunder oder bedrucktes Papier in Brand stecken?

4) Man bemerke, ob der Schatten der Baumblätter eine sichelförmige Gestalt erhält.

5) Befindet man sich auf einer Anhöhe, so achte man auf den Farbenwechsel und die ganze Erscheinung in der umliegenden Landschaft, sowie auf die Färbung der etwa in der Nähe des Horizonts oder höher hinauf befindlichen einzelnen Wolken.

6) Man bemerke, ob sich etwa Thau im Grase gebildet, der vorher nicht da war.

7) Will man Thermometer-Beobachtungen machen, so suche man sich zwei solcher Instrumente zu verschaffen, die bei gleicher Temperatur beide möglichst überein zeigen. Vor der Finsterniss hänge man dieselben in freier Luft, ohne dass sie eine Wand berühren, einander benachbart, aber so auf, dass das eine nicht von den Sonnenstrahlen getroffen werden kann, während das zweite den letzteren völlig exponirt ist. Man lese anfangs in Zwischenräumen von etwa 10 Minuten, später aber häufiger beide Instrumente mit einer Loupe ab, und notire ihren Stand, sowie den dazu gehörenden Stand der Uhr, hüte sich aber bei der Annäherung an die Thermometer, sie mit der Hand oder dem Hauche zu berühren. Man versäume über den Thermometer-Beobachtungen aber nicht, es zu ermitteln, ob und welcher Ein-

druck einer Abkühlung sich im Allgemeinen z. B. an Gesicht und Händen bemerklich macht.

Ein Theil dieser Beobachtungen lässt sich sogar bei völlig bedecktem Himmel anstellen.

8) Eine, allerdings nur für die ringförmige (diesmal nirgends auf der Erde eintretende) Finsterniss anstellbare, dann aber sehr wichtige und empfehlenswerthe Beobachtung ist folgende: Wenn der Ring sich gebildet, und man ohne Fernrohr, und nur mit dem gefärbten Glase sich hiervon überzeugt hat, so opfere man einen Augenblick des schönen Anblicks, nehme das Blendglas rasch weg, sehe mit ganz freiem Auge nach der Sonne und verificire es: „ob man jetzt auch einen *Ring* zu sehen glaubt, oder eine *völlig* erleuchtete *Scheibe*? Sieht man dann eine Scheibe, so ist das ein besserer Beweis für die Lage des Orts in der genauen Centrallinie der Verfinsterung, als ihn die schärfste Rechnung beizubringen vermag.

B. Besitzt man zwar ein Fernrohr auf Stativ, jedoch kein Blendglas dazu (oder zerbricht das etwa vorhandene Blendglas während der Beobachtung), so umgebe man schon vorher den Ocularzug mit einem ähnlichen breiten Pappiring, wie bereits oben erwähnt, berichtige die Focal-Distanz des Oculars mit grösster Sorgfalt, führe das Sonnenbild ins Fernrohr, und fange es mit einem weissen Stück Papier auf, das einige halbe Zoll vom Oculare so lange auf und ab bewegt wird, bis man ein reines scharfes Bild erhält: so wird man jetzt auch die etwaigen Sonnenflecke auf dem Papiere abgezeichnet finden, und den Antritt des Mondrandes an dieselben beobachten können. Man muss dabei die Vergrösserung so wählen, dass das Gesichtsfeld die ganze Sonnenscheibe reichlich gleichzeitig fasst.

Beobachtet man aber mit dem Blendglase am Fernrohre, so beachte man die Unregelmässigkeiten des Mondrandes, und vergleiche bei vorschreitender Finsterniss, so lange diese den Mittelpunkt der Sonne noch nicht erreicht hat, die Lichtstärke im letzteren mit der Lichtstärke am Rande der Sonne. Auch vergleiche man die Farbe und Intensität der Sonnenflecke mit der schwarzen Mondscheibe.

Wenn die Finsterniss für den Beobachtungsort zwar auch in der grössten Phase nicht total wird, so nehme man doch zur Zeit dieser grössten Phase das Blendglas ab, bringe das Sonnenbild so weit an den Rand des Gesichtsfeldes, dass nur der ver-

dunkelte Theil der Sonne darin bleibt, und sehe nun zu, ob sich an dieser Stelle etwa besondere Erscheinungen zeigen.

Befindet sich der Beobachtungsort so nahe an der nördlichen oder südlichen Grenze der Totalitätszone, dass sich im Voraus nicht mit aller Gewissheit bestimmen lässt, ob für ihn die Finsterniss zur totalen sich gestalten wird, so ist die Beobachtung: „ob thatsächlich die Totalität eingetreten oder nicht?“ von der grössten Wichtigkeit. In grösseren Orten notire man Strasse und Haus der Beobachtung.

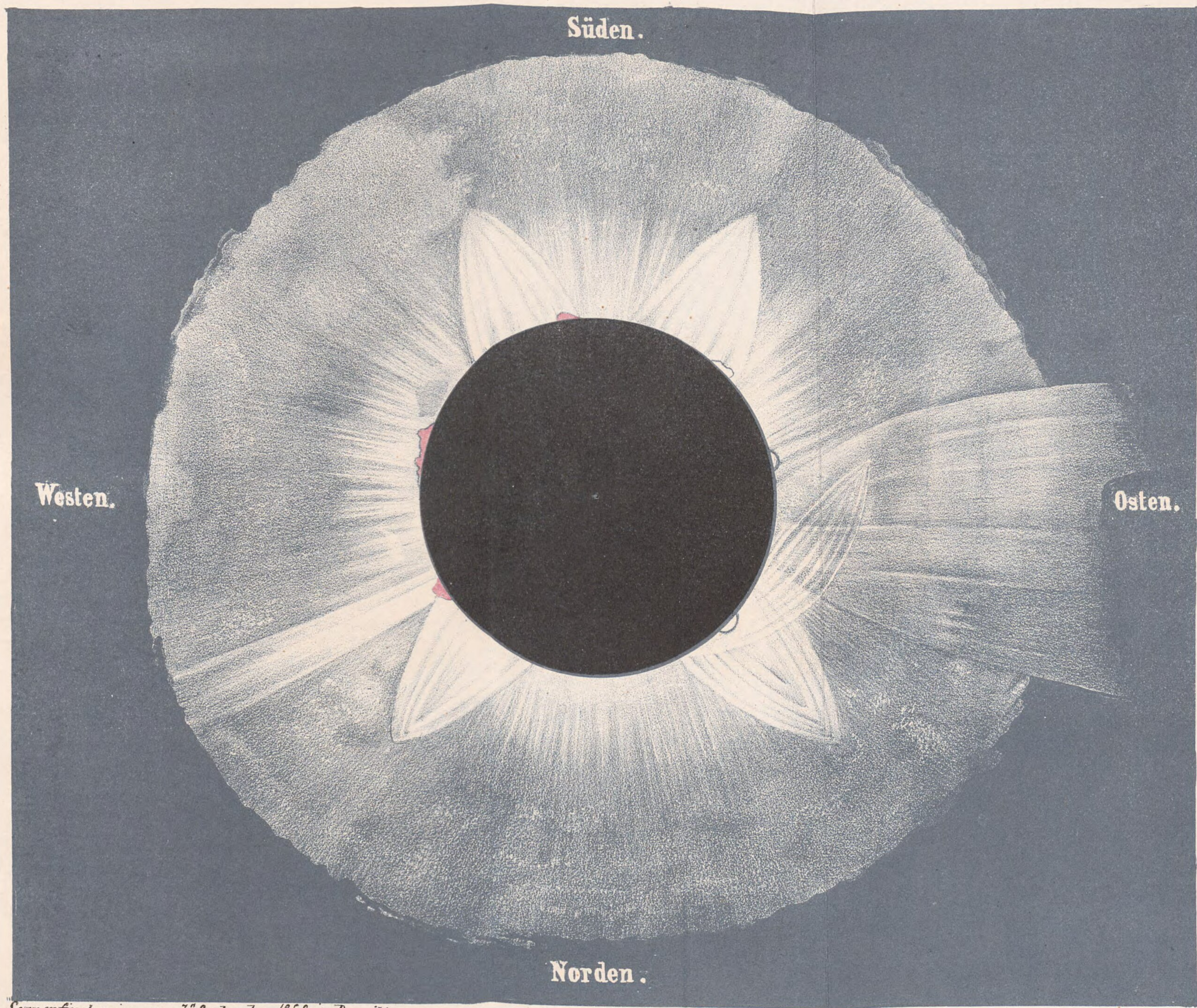
Tritt aber für den Beobachtungsort eine totale Finsterniss ein, so suche man die Breite des Glorienscheines der Corona zu schätzen, und wähle als Vergleichungs-Maassstab zur Einheit die scheinbare Dimension des Sonnenbildes, sowie man es vor Beginn der Finsterniss gesehen hat. Man achte genau auf die Gestalt, und die Gestaltänderungen der Corona während der Totalitätsdauer. Ist das Licht der Corona rein weiss, oder sind darin Spuren von Färbung und welche zu erblicken? Ist es ein flackerndes oder roulirendes Licht, oder steht es ruhig? Sind die Schatten der Bäume, Gebäude, oder des zum Notiren benutzten Bleistiftes, auch noch im Coronalichte sichtbar? Wirkt die Corona noch auf ein Brennglas, wirkt sie noch auf photographisches Papier?

Sind abgesehen von dem Coronalichte noch Strahlungen bemerklich, so muss sorgsam notirt werden, wie weit sie die Corona etwa überragen, und ob alle, oder doch einige bis zum dunklen Rande des Mondes reichen, oder ob und in welcher Entfernung vom Rande sie absetzen.

Zeigen sich Protuberanzen, so suche man, so gut es gehen will (z. B. mit Hülfe von Spinnefäden, die im Fernrohre netzartig aufgezogen sind), ihre Lage gegen einander, und gegen die etwa vorher bemerkten Flecken zu bestimmen, und ob sie ihren Ort am Rande während der Beobachtung ändern, oder gar (wie es 1851 bei einer rothen Protuberanz bemerkt ist) sich von dem dunklen Rande ganz trennen.

Schluss.

Möchten wenigstens Einige Derer, die die vorstehende Schrift eines Durchblicks gewürdigt haben, dieselbe nicht ohne alle Befriedigung aus der Hand legen, und sich im Uebrigen mit uns in dem Wunsche vereinigen, dass die Männer der Wissenschaft, welche aus den Wolkenländern des Nordens jetzt nach Spanien ziehen, dort nicht nur vorfinden das Land: „wo die schattigen Kastanien rauschen an des Ebro's Strand“, sondern auch das Land „voll Sonnenschein“. So möge ihnen denn der Himmel gnädig sein!



Sonnenfinsterniss vom 7^{ten} September 1858 in Brasilien.



Typ. Wilh. Riemschneider.



Haase, Carl

Die Sonnenfinsterniss Populär beschrieben, nebst erläuternden Angaben für
die totale Finsterniss am 18. Juli 1860. Mit 21 Illzschn u. 1 lithogr.
Farbendrucke

Hannover 1860

Astr.p. 57 k

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10060509-7